

English abstract for 10KR20030036236A

**WO0199146A2: PROCESS FOR IMPROVING THE EMISSION OF ELECTRON FIELD  
EMITTERS**

This invention provides a process for improving the field emission of an electron field emitter comprised of an acicular emitting substance such as acicular carbon, an acicular semiconductor, an acicular metal or a mixture thereof, comprising applying a force to the surface of the electron field emitter wherein the force results in the removal of a portion of the electron field emitter thereby forming a new surface of the electron field emitter.

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 7  
H01J 1/304

(11) 공개번호 특2003-0036236  
(43) 공개일자 2003년05월09일

(21) 출원번호	10-2002-7017430	(87) 국제공개번호	WO 2001/99146
(22) 출원일자	2002년12월20일	(87) 국제공개일자	2001년12월27일
번역문 제출일자	2002년12월20일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2001/19580		
(86) 국제출원출원일자	2001년06월19일		

(81) 지정국  
국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 인도네시아, 가나, 크로아티아, 유고슬라비아, 짐바브웨, 감비아, 시에라리온, 아랍에미리트, 안티구아바루다, 코스타리카, 도미니카연방, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 모잠비크, 그레나다, 벨리즈, 인도, 미국,

AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아, 모잠비크,

EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,

EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터어키,

OA OAPI특허: 부르키나파소, 베냉, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기네비쏘,

(30) 우선권주장	60/213,002	2000년06월21일	미국(US)
	60/213,159	2000년06월22일	미국(US)
	60/287,930	2001년05월01일	미국(US)

(71) 출원인  
이 아이 듀폰 디 네모아 앤드 캄파니  
미합중국 델라웨어주 (우편번호 19898) 월밍톤시 마아켓트 스트리트 1007

(72) 발명자  
보우차드, 로버트, 요셉  
미국 19810 델라웨어주 월밍턴 크레스펠드 로드 20

췁, 렵-텍, 앤드류  
미국 19711 델라웨어주 뉴욕애델레네애비뉴 11

라빈, 존, 게라드  
미국 19081 펜실바니아주 스와스모페일 페슬리 로드 15

로아치, 데이비드, 하버트  
미국 19707 델라웨어주 혹케신스톤 브리지드라이브 40

(74) 대리인  
주성민  
백만기  
이중희

## (54) 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정

본 발명은, 침상 탄소, 침상 반도체, 침상 금속 또는 이들의 혼합물과 같은 침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정으로서, 전자 필드 이미터의 표면에 힘을 인가하는 단계를 포함하여, 그 힘은 전자 필드 이미터의 일부분을 제거함으로써 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성하는 공정을 제공한다.

도 1

침상 탄소, 나노튜브, 트리오드, 에미션, 필드 이미터

본 발명은 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정에 관한 것이고, 특히 침상 탄소(acicular carbon)로 이루어진 전자 필드 이미터에 관한 것이다.

종종 '필드 에미션 재료' 또는 '필드 이미터'로 불리는 필드 에미션 전자 소스는 예컨대 진공 전자 디바이스, 평판 컴퓨터, 텔레비전 디스플레이, 에미션 게이트 증폭기, 클라이스트론(klystron)과 같은 다양한 전자 응용분야와 발광에서 이용될 수 있다.

디스플레이 스크린은 가정용과 상업용 텔레비전, 랩탑 및 데스크탑 컴퓨터, 옥내 및 옥외의 광고 및 정보 표시 등의 매우 다양한 응용분야에서 이용되고 있다. 평판 디스플레이는 대부분의 텔레비전과 데스크탑 컴퓨터에서 보여지는 깊은 캐소드 레이 튜브(음극선관)와는 대조적으로 그 두께가 1인치 미만으로 될 수 있다. 평판형 디스플레이는 랩탑 컴퓨터에서는 필수적일 뿐만 아니라, 또한 많은 다른 응용분야에서도 중량과 크기 면에서 이점을 주고 있다. 현재, 랩탑 컴퓨터 평판 디스플레이는, 작은 전기적 신호의 인가에 의해 투명 상태에서 불투명 상태로 스위칭할 수 있는 액정을 사용하고 있다. 이들 디스플레이를 랩탑 컴퓨터에 적절한 것보다 더 큰 사이즈로 신뢰성있게 생산하는 것은 어려운 일이다.

플라즈마 디스플레이는 액정 디스플레이의 대안으로서 제안되어 오고 있다. 플라즈마 디스플레이는 전기적으로 대전된 가스의 작은 픽셀을 이용하여 화상을 만들며, 동작하는데에 상당히 큰 전력을 필요로 한다.

필드 에미션 전자 소스(즉, 필드 에미션 재료 또는 필드 이미터)와 그 필드 이미터에 의해 방출된 전자의 충돌시에 광을 방출할 수 있는 형광체(phosphor)를 가진 평판 디스플레이가 제안되고 있다. 이러한 디스플레이는, 종래의 캐소드 레이 튜브의 시각적 디스플레이 이점과 다른 평판 디스플레이의 깊이, 중량, 전력 소모 등에서의 이점을 동시에 제공하는 능력을 가지고 있다. 미국 특허번호 US4,857,799호와 US5,015,912호에는, 텅스텐, 몰리브덴 또는 실리콘으로 구성된 마이크로-팁 캐소드를 이용하는 매트릭스 어드레스형 평판 디스플레이가 개시되어 있다. 국제공개 번호 WO 94-15352호, WO 94-15350호 및 WO 94-28571호에는, 캐소드가 상당히 편평한 에미션 표면을 가지고 있는 평판

디스플레이가 개시되어 있다.

필드 에미션은 2종류의 나노튜브 탄소 구조에서 관찰되고 있다. L. A. Chernozatonskii 등은 논문 Chem. Phys. Letters 233, 63(1995) 및 Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 359, 99(1995)에서,  $10^{-6}$  내지  $10^{-6}$  torr ( $1.3 \times 10^{-3}$  내지  $1.3 \times 10^{-4}$  Pa)에서 그라파이트의 전자 증발에 의해 다양한 기판상에 나노튜브 구조의 막을 형성하였음을 발표하였다. 이들 막은 정렬된 튜브형상(tube-like) 탄소 분자들이 서로 바로옆에 서있는 것으로 이루어져 있다. 2종류의 튜브형상 분자가 형성되는데, 그 구조가 직경이 10 내지 30 nm인 필라멘트 번들을 형성하는 단일층 그라파이트류 튜블(tube)을 포함하는 A-튜브라이트(tubelite)와, 직경이 10 내지 30 nm인 대부분 다층 그라파이트류 튜브를 포함하는 코노이드(conoid) 또는 돔형 캡을 가진 B-튜브라이트가 있다. 이들은 이러한 구조를 가진 표면으로부터의 상당한 필드 에미션을 보고하고, 이것은 나노 크기의 팁에서 필드의 고 집중(high concentration)에 의한 것이라고 설명하고 있다. B. H. Fishbine 등은 논문 Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 359, 99(1995)에서, 벅키튜브(buckytube)(즉, 일층의 탄소 나노튜브) 냉 필드 이미터 어레이 캐소드의 개발로 이어지는 실험과 이론을 발표하였다. A. G. Rinzier 등은 논문 Science 229, 1550(1995)에서, 나노튜브 팁이 레이저 증발 또는 산화성 에칭에 의해 개구되는 경우에 탄소 나노튜브로부터의 필드 에미션이 향상됨을 발표하였다. W. B. Choi 등은 논문 Appl. Phys. Lett. 75, 3129(1999)에서, 그리고 D. S. Chung 등은 J. Vac. Sci. Technol. B 18(2)에서, 단일 벽 탄소 나노튜브 유기 바인더를 이용하여 4.5인치의 평판 필드 디스플레이의 제작을 보고하였다. 이 단일 벽 탄소 나노튜브는 금속 메쉬를 통해 페이스트 스퀴징(paste squeezing)에 의해, 표면 러빙에 의해, 및/또는 전해에 의한 콘디셔닝에 의해, 수직으로 정렬되었다. 이들은 또한, 다수 벽 탄소 나노튜브 디스플레이를 준비하였다. 이들은, 양호한 균일성을 가진 탄소 나노튜브 필드 이미터가 슬러리 스퀴징과 표면 러빙 기술에 의해 개발되었음을 알려주었다. 이들은, 이미터의 최상부 표면으로부터 금속 파우더를 제거하고 표면 처리에 의해 탄소 나노튜브를 정렬하는 것이 에미션을 향상시킨다는 것을 밝혀냈다. 단일 벽 탄소 나노튜브는 다수 벽 탄소 나노튜브보다 에미션 특성이 더 좋지만, 단일 벽 탄소 나노튜브 막은 다수 벽 탄소 나노튜브 막보다 에미션 안정성이 더 나쁘다는 것이 밝혀졌다. Zettl 등은 미국 특허 번호 US6,057,637호에서, 일정한 체적의 바인더와 그 바인더에 서스펜션된 일정한 체적의  $B_x C_y N_z$  나노튜브를 포함하는 필드 이미터 재료의 특허를 청구하였다(여기서, x, y, z는 보론, 탄소, 질소의 상대적 비율을 나타낸다).

N. M. Rodriguez 등은 논문 J. Catal. 144, 93(1993)에서, 그리고 N. M. Rodriguez 등은 논문 J. Mater. Res. 8, 323(1993)에서, 작은 금속 입자 상에 어떤 탄화수소의 촉매 분해에 의해 생성된 탄소 파이버의 성장과 특성을 보고하였다. 미국 특허 번호 US5,149,594호, US5,413,866호, US5,458,784호, US5,618,875호, 및 US5,653,951호에는 이러한 파이버가 개시되어 있다.

전자 필드 이미터에서 침상 탄소를 상업적으로 이용하기 위한 기술은 그 필요성이 계속되고 있다.

#### 발명의 요약

본 발명은, 침상 탄소, 침상 반도체, 침상 금속 또는 이들의 혼합물과 같은 침상 방출 재료로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정으로서, 전자 필드 이미터의 표면에 힘을 인가하는 단계를 포함하여, 전자 필드 이미터의 일부분이 제거되거나 재배열됨으로써 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성하는 공정을 제공한다.

바람직한 실시예에서, 본 발명은, 침상 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정으로서,

a) 재료를 전자 필드 이미터와 접촉시키는 단계 - 그 재료는 전자 필드 이미터와 접촉성 접촉을 형성하고, 접촉성 접촉은 재료가 전자 필드 이미터로부터 분리되는 경우에 충분한 접착력을 제공하여 전자 필드 이미터의 일부분이 제거되거나 재배열됨으로써 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성함 -; 및

(b) 그 재료를 전자 필드 이미터로부터 분리하는 단계

를 포함하는 공정을 제공한다.

그 바람직한 침상 탄소는 탄소 나노튜브이다. 단일 벽 탄소 나노튜브가 더욱 바람직하고, 레이저 박리로 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가 더 바람직하다. 본 공정에서 이용되는 바람직한 전자 필드 이미터에서는, 탄소 나노튜브가 전자 필드 이미터의 총중량의 약 9 wt% 보다 적다. 더 바람직한 전자 필드 이미터에서는, 탄소 나노튜브는 전자 필드 이미터의 총중량의 약 5 wt% 보다 적다. 좀더 바람직한 전자 필드 이미터에서는, 탄소 나노튜브는 전자 필드 이미터의 총중량의 약 1 wt% 보다 적다. 가장 바람직한 전자 필드 이미터에서는, 탄소 나노튜브는 전자 필드 이미터의 총중량의 약 0.01 wt% 내지 약 2 wt% 이다.

또한, 탄소 나노튜브를 포함하는 고체를 함유하는 스크린 인쇄가능 페이스트로 이용되는 조성물이 제공되는데, 그 탄소 나노튜브는 페이스트내의 고체의 총중량의 9 wt% 보다 적다. 더 바람직한 조성물에서는, 탄소 나노튜브는 페이스트내의 고체의 총중량의 약 5 wt% 보다 적다. 좀더 바람직한 조성물에서는, 탄소 나노튜브는 페이스트내의 고체의

총중량의 약 1 wt% 보다 적다. 가장 바람직한 조성물에서는, 탄소 나노튜브는 페이스트내의 고체의 총중량의 약 0.01 wt% 내지 약 2 wt% 이다. 이 페이스트는 본 발명의 향상 공정으로 처리되는 전자 필드 이미터를 제조하는데 있어서 특히 유용하다. 이러한 이미터는 우수한 에미션 특성과, 기판에 대한 양호한 접착성을 가지며, 제조준비의 용이성과 재료 및 처리의 비용을 상당히 저렴하게 하는 이점을 가진다.

이 향상된 전자 필드 이미터는 평판 컴퓨터, 텔레비전, 및 그 밖의 다른 타입의 디스플레이, 진공 전자 디바이스, 에미션 게이트 증폭기, 클라이트론에서 및 발광 디바이스에서 유용하다. 본 공정은 평판 디스플레이용(즉, 크기가 30 인치(76 cm)보다 큰 디스플레이용)의 대면적 전자 필드 이미터를 생산하는데에 특히 이점이 있다. 평판 디스플레이는 평면형이거나 곡면형이 가능하다.

도 1은 실시예 1의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에 전자 필드 이미터에 대한 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다.

도 2는 실시예 2의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에 전자 필드 이미터에 대한 인가 전압의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다.

도 3은 실시예 3의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에 전자 필드 이미터에 대한 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다.

도 4는 실시예 4의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에 전자 필드 이미터에 대한 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다.

도 5는 실시예 9 내지 11의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에 전자 필드 이미터에 대한 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다.

도 6은 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에, 실시예 9 내지 11의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된(impinged) 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다.

도 7은 양쪽의 전자 필드 이미터에 대한 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 실시예 7에서 생성된 2개의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를 도시한다.

도 8은 본 발명의 공정에서 열적으로 연화된(softened) 폴리머의 이용을 도시한다.

도 9는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후에 실시예 13 내지 14의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다.

도 10는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후에 실시예 15의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다.

도 11는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 실시예 16의 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션형 트리오드를 형성하는 층을 도시한다.

도 12는 다이오드 및 트리오드 모드 양쪽에 대한 실시예 16의 스크린 인쇄된 트리오드 어레이로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다.

#### 발명의 상세한 설명

본 발명은, 전자 필드 이미터가 예로서, 탄소, 반도체, 금속 또는 이들의 혼합물과 같은 침상 방출 재료로 이루어지는 경우에 특히 효과적인 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정을 제공한다. 본 명세서에서 사용되는 용어 '침상(acicular)'은, 10 이상의 앵스펙트 비를 가진 입자를 의미한다. 본 명세서에서 사용되는 용어 '전자 필드 이미터'는, 기판에 침상 방출 재료를 부착시키는데 이용되는, 침상 방출 재료, 유리 프리트, 금속 파우더 또는 금속 페인트 또는 이들의 혼합물을 의미한다. 그래서, 본 명세서에서 사용되는 용어 '전자 필드 이미터의 총중량'은, 기판에 침상 방출 재료를 부착하는데 이용되는 침상 방출 재료와 유리 프리트와 금속 파우더 또는 금속 페인트 또는 이들의 혼합물의 총중량을 의미한다. 이 총중량은 전자 필드 이미터를 지지하는 기판의 중량은 포함하지 않는다.

침상 탄소는 다양한 종류가 가능하다. 탄소 나노튜브가 바람직한 침상 탄소이고, 단일 벽 탄소 나노튜브가 특히 바람직하다. 개개의 단일 벽 탄소 나노튜브는 극히 작는데, 전형적으로는 그 직경이 약 1.5 nm이다. 때때로 '그래파이트류'(graphite-like)라고 기술되기도 하는데, 이는 탄소 나노튜브는  $sp^2$  혼성 탄소로 가정되기 때문이다. 탄소 나노튜브의 벽은 그래핀 시트를 롤링업(rolling up)함으로써 형성되는 실린더로서 보여질 수도 있다.

적은 금속 입자에 대한 탄소 함유 가스의 촉매 분해로부터 성장된 탄소 파이버가 또한, 침상 탄소로서 유용하다. 본 명세서에서 사용되는 용어 '촉매 성장된 탄소 파이버'란, 적은 금속 입자에 대한 탄소 함유 가스의 촉매 분해로부터 성장된 탄소 파이버를 의미하며, 각각의 탄소 파이버에는 그래핀 플레이트렛(platelet)들이 파이버 축에 대해 어떤 각도를 가지고 배치되어, 탄소 파이버의 둘레가 그래핀 플레이트렛의 에지부로 실질적으로 이루어지도록 되어 있다. 이 각도는 예각 또는  $90^\circ$  가 될 수도 있다.

침상 탄소의 다른 예는 폴리아크릴로니트릴-계(PAN-계) 탄소 파이버와 피치-계 탄소 파이버이다.

다양한 공정이, 침상 탄소를 기판에 부착시키는데에 이용될 수 있다. 그 부착 수단은, 필드 에미터 캐소드가 위치되어 들어가는 장치를 제조하는 조건하에서 그리고 그 이용을 둘러싸는 조건(예를 들면, 전형적으로 진공 조건 및 약  $450^\circ\text{C}$  까지의 온도 조건)하에서 그 일체성을 유지 및 지속하여야 한다. 그 결과, 유기물은 입자를 기판에 부착시키는데에 일반적으로 적용될 수 없고, 많은 무기물은 탄소에 대한 접착력이 약하기 때문에, 이용될 수 있는 재료를 선택함에 있어서 더욱 제한을 하게 된다. 바람직한 방법은 침상 탄소와 유리 프리트, 금속 파우더, 또는 금속 페인트 또는 이들의 혼합물로 이루어진 페이스트를 원하는 패턴으로 기판상에 스크린 인쇄하고, 그 후에 건조된 패턴 페이스트를 소성하는 것이다. 더욱 다양한 응용(예로서, 더욱 미세한 분해능을 요구하는 응용)을 위하여, 바람직한 공정은, 포토개시자(photoinitiator)와 포토경화가능 모노머를 포함하는 페이스트 스크린 인쇄하는 것과, 그 건조된 페이스트를 포토패터닝하는 것과, 그 패턴화된 페이스트를 소성하는 것을 포함한다.

기판은, 페이스트 조성물이 부착된다면 어떤 재료로도 될 수 있다. 페이스트가 비도전성이고 비도전성 기판이 이용된다면, 캐소드 전극으로서 역할을 하며 침상 탄소에 전압을 인가하고 그에 전자를 공급하는 수단을 제공하는 전기적 도체의 막이 필요하게 될 것이다. 실리콘, 유리, 금속 또는 알루미늄과 같은 고용점 재료가 기판으로서 역할을 할 수 있다. 디스플레이 응용분야에 있어서, 바람직한 기판은 유리 및 soda 라임(soda lime) 유리가 특히 바람직하다. 유리에 대한 최적의 전도도를 위하여, 은 페이스트가 공기 또는 질소에서(하지만, 공기가 바람직함),  $500$  내지  $550^\circ\text{C}$ 로 유리상에 사전소성될(pre-fired) 수 있다. 다음에, 이렇게 형성된 도전층은 이미터 페이스트로서 오버인쇄(over-print)될 수 있다.

스크린 인쇄에 이용되는 이미터 페이스트는 전형적으로 침상 탄소, 유기 매질, 용제, 계면활성제, 및 저 연화점 유리 프리트, 금속 파우더, 또는 금속 페인트 또는 이들의 혼합물을 함유한다. 매질과 용제의 역할은, 스크린 인쇄와 같은 전형적인 패턴링 공정을 위한 적절한 레올로지(rheology)로써 미립자 성분(particulate ingredient), 즉, 고체를 페이스트내에 서스펜션 및 분산시키는 것이다. 이러한 매질은 당해 기술분야에 다수가 공지되어 있다. 이용되는 수지의 예는, 다양한 분자량을 가진 에틸셀룰로스 및 알키드 수지와 같은 셀룰로스성 수지이다. 부틸 카르비톨, 부틸 카르비톨 아세테이트, 디부틸 카르비톨, 디부틸 푸탈레이트 및 테르페네올이 유용한 용제의 예이다. 이들 및 다른 용제가, 원하는 점도와 증발도의 요구를 얻기 위해 만들어진다. 계면활성제는 입자의 분산을 향상시키는데에 이용될 수 있다. 올레산과 스테아르산과 같은 유기산과 레시틴(lecithin) 또는 Gafac<sup>®</sup> 인산염과 같은 유기인산염이 전형적인 계면활성제이다.

소성온도에서 충분히 연화되어 기판과 침상 탄소에 부착되는 유리 프리트가 요구된다. 납 또는 비스무트 유리 프리트가 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 또한 칼슘 또는 아연 보로실리케이트와 같은 저 연화점을 가진 다른 유리도 이용될 수 있다. 이러한 클래스의 유리내에서는, 특성의 조성은 일반적으로 중요하지 아니하다. 더 높은 전기 전도도를 가진 스크린 인쇄가능 조성물이 요구된다면, 페이스트는 또한 금속(예를 들면, 은 또는 금)을 포함할 수 있다. 이러한 페이스트는 전형적으로 페이스트의 총중량을 기준으로 하여 약 40 wt% 내지 약 80 wt% 고체를 포함한다. 이러한 고체는 침상 탄소와 유리 프리트 및/또는 금속 성분을 포함한다. 조성의 변화는, 점도와 인쇄된 재료의 최종 두께를 조절하는데에 이용될 수 있다.

이미터 페이스트는 전형적으로 침상 탄소, 유기 매질, 계면활성제, 용제, 및 저 연화점 유리 프리트, 금속 파우더, 또는 금속 페인트 또는 이들의 혼합물의 혼합물을 3-롤 밀링(three-roll milling)함으로써 준비된다. 페이스트 혼합물은 주지되어 있는 스크린 인쇄 기법을 이용하여, 예로서 165-400-메쉬 스테인레스 스틸 스크린을 이용하여 스크린 인쇄될 수 있다. 페이스트는 연속된 막 또는 원하는 패턴의 형태로서 증착될 수 있다. 기판이 유리인 경우에는, 페이스트는 그 다음에 약  $350^\circ\text{C}$  내지 약  $550^\circ\text{C}$ , 바람직하게는 약  $450^\circ\text{C}$  내지 약  $525^\circ\text{C}$ 의 온도에서 약 10분 동안 질소내에서 소성된다. 만약 산소가 없는 분위기라면, 더 높은 소성 온도가 이를 견딜 수 있는 기판과 함께 이용될 수 있다. 하지만, 페이스트내의 유기 성분은  $350$  내지  $450^\circ\text{C}$ 에서 효과적으로 증발하게 되어, 침상 탄소와 유리 및/또는 금속 도체로 이루어지는 조성의 층을 남기게 된다. 이 침상 탄소는 질소내의 소성동안에 인지할만한 산화 또는 그 밖의 다른 화학적 또는 물리적 변화를 전혀 겪지 않는 것처럼 보인다.

스크린 인쇄된 페이스트가 포토패터닝되면, 페이스트 포토개시자, 현상가능 바인더, 및 포토경화가능 모노머(예로서, 적어도 하나의 폴리머화가능한 에틸렌 그룹을 가진 적어도 하나의 부가적인 폴리머화가능한 에틸렌적으로 불포화된 성분을 포함하는 것)를 함유한다.

스크린 인쇄가능한 페이스트로서 이용되기 위한 바람직한 조성은 탄소 나노튜브를 포함하는 고체를 함유하고 있는 것으로서, 그 탄소 나노튜브가 페이스트내의 고체의 총중량의 적어도 9 wt% 보다 작은 것이다. 더 바람직한 조성은 그 탄소 나노튜브가 페이스트내의 고체의 총중량의 적어도 5 wt% 보다 작은 것이다. 좀더 바람직한 조성은 그 탄소 나노튜브가 페이스트내의 고체의 총중량의 적어도 1 wt% 보다 작은 것이다. 가장 바람직한 조성은 그 탄소 나노튜브가 페이스트내의 고체의 총중량의 약 0.01 wt% 내지 2 wt%인 것이다. 이 페이스트는 본 발명의 항상 공정으로 처리된 전자 필드 이미터의 바람직한 실시예에 있어서의 전자 필드 이미터를 제조하는데 있어서 특히 유용하다.

저농도의 탄소 나노튜브를 가진 이들 조성은, 전자 필드 이미터가 항상 공정으로 처리된 후에 우수한 전자 필드 이미터를 제공한다. 전형적으로는, 탄소 나노튜브, 은, 및 유리 프리트를 포함하는 페이스트는, 페이스트의 총중량을 기준으로 하여, 약 0.01 내지 6.0 wt%의 나노튜브와, 미세 은 입자의 형태로 약 40 내지 75 wt%의 은과, 약 3 내지 15 wt%의 유리 프리트를 포함한다.

전자 필드 이미터는 전술한 바와 같은 소성 단계의 이전 또는 이후에 항상 공정으로 처리될 수 있지만, 항상 공정의 이전에 소성되는 것이 바람직하다.

침상 탄소, 침상 반도체, 침상 금속 또는 이들의 혼합물과 같은 침상 방출 재료로 이루어진 전자 필드 이미터의 필드 에미션을 향상시키기 위한 공정은, 전자 필드 이미터의 표면에 전자 필드 이미터의 평면에 실질적으로 수직인 방향으로 힘을 인가하는 단계를 포함하여, 전자 필드 이미터의 일부분이 제거되거나 재배열됨으로써, 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성하도록 한다. 전자 필드 이미터의 새롭게 형성된 표면은 이로부터 돌출된 침상 입자를 가지는 것으로 믿어진다.

본 공정의 하나의 실시예에서는, 전자 필드 이미터를 프랙처(fracture)함으로써 새로운 방출 표면을 형성하는 것을 보여줄 수 있다. 본 공정의 이러한 태양은, 2개의 분리 기판상에 침상 탄소로 이루어진 2개의 전자 필드 이미터를 스크린 인쇄를 함으로써 나타내질 수 있다. 샌드위치 구조가, 2개의 스크린 인쇄된 전자 필드 이미터를 접촉시킴으로써 형성되어, 기판들이 2개의 외부 층을 형성하였다. 이 구조는 그 다음에 전술한 바와 같이 소성되어, 2개의 스크린 인쇄된 전자 필드 이미터가 2개의 기판사이에 샌드위치된 단일의 소성된 이미터를 형성하게 되었다. 기판들이 서로 잡아 당겨져서, 전자 필드 이미터 재료를 프랙처하였다. 2개의 전자 필드 이미터는 단순히 스크린 인쇄와 소성만으로 준비된 전자 필드 이미터에 대해 향상된 에미션 특성을 보여주었다.

본 발명의 공정의 바람직한 실시예는 침상 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터를 보여준다. 어떤 재료가 전자 필드 이미터에 접촉되어 있다. 그 재료는 전자 필드 이미터와 접촉성 접촉을 형성하고, 그 접촉성 접촉은 그 재료가 전자 필드 이미터로부터 분리되어 있는 경우에 충분한 접착력을 제공하여, 전자 필드 이미터의 일부분이 제거됨으로써, 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성한다. 그 재료는 그 다음에 전자 필드 이미터로부터 분리된다. 어떤 조건하에서, 접촉성 접촉을 형성하는 재료가 전자 필드 이미터로부터 분리되어 있는 경우에, 전자 필드 이미터는 전혀 제거되지 아니하지만, 전자 필드 이미터의 표면은 재배열되어 새로운 표면을 형성하고, 전자 필드 이미터의 새롭게 형성된 표면은 이로부터 돌출하는 침상 입자를 가진다. 전자 필드 이미터와 접촉성 접촉을 형성하는 재료가 전자 필드 이미터와 접촉하면서, 전자 필드 이미터에 대하여 그 재료에 의해 아무런 병진 이동도 없다. 그 재료의 이동은 단지 접촉 및 분리 도중에 발생하며, 이 이동은 전자 필드 이미터의 평면에 실질적으로 수직인 방향이다.

충분한 접착력을 제공하는 재료라면 어떤 것도 이용될 수 있다. 이러한 재료는 막 또는 코팅으로서 액체 또는 고체 형태로 부착될 수 있다. 이러한 접착력은 그 성질에 있어서 화학적, 분산적(dispersive), 정전기적, 자기적, 점성탄성적 또는 기계적일 수 있다. 접착력은 인가 압력이 있으면서 또는 없으면서, 가열, 팽 조사, 또는 적층과는 별도의 단계로서 분리될 수도 있다. 상업용 접착성 테이프는, 작은 전자 필드 이미터 표면에 대해 특히 즉시 이용가능하며 편리한 재료이다. 상업용 투명 또는 눈에 보이지 않는 테이프, 마스킹 테이프, 덕트 테이프, 실링 테이프 등의 어떤 것이라도 접착력을 제공하기 위한 재료로서 이용될 수 있다.

테이프의 조각은 한번 이상 동일한 전자 필드 이미터와 접촉되고 이로부터 제거될 수 있고, 매번 이 전자 필드 이미터는, 본 발명의 공정으로 처리하지 않았던 전자 필드 이미터에서 얻어진 결과에 대해 향상된 에미션을 보여준다.

열적으로 연화된 폴리머 막이 또한, 전자 필드 이미터와의 접촉성 접촉을 제공하는 재료로서 이용될 수 있다. 이러한 막은 큰 전자 필드 이미터 표면에 특히 유용하다. 아크릴(예로서, Carboset<sup>®</sup> XPD-2264, 이는 Charlotte, NC 소재의 B. F. Goodrich Company로부터 입수할 수 있음), 에틸렌/아크릴 탄성중합체(예로서, Vamac<sup>®</sup>, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음), 폴리아미드(예로서, 나일론 다중폴리머 수지 Elvamide<sup>®</sup>, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음)

음), 스틸렌과 부타디엔과 이소프렌의 블록 코폴리머(예로서, Kraton<sup>®</sup>, 이는 Houston, TX 소재의 Shell Chemical Company, A Division of Shell Oil Company로부터 입수할 수 있음), 에틸렌과 비닐 아세테이트의 코폴리머(예로서, Elvax<sup>®</sup>, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음), 열가소성 에틸렌 메타크릴산 코폴리머(예로서, Nucel<sup>®</sup>, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음), 이오노머(예로서, Surlin<sup>®</sup>, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음), Bynel<sup>®</sup> CXA 공통사출가능 접착성 수지(이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음), 및 이들의 혼합물과 같은 매우 다양한 폴리머가 이러한 목적으로 이용될 수 있다. 연성 폴리머의 열적 특성과 접착 특성은 모노머와 택티파이어(tackifier)와 플라스틱사이저(plasticizer)를 블렌딩하여 주문제작될 수 있다.

접착성 테이프의 금속 조각은 전자 필드 이미터에 접촉되고 이로부터 제거되었다. 금속 테이프에 접착된 전자 필드 이미터의 일부분은, 에미션에 대한 테스트를 하는 경우에, 에미션을 향상하기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전에 전자 필드 이미터의 그것에 대하여 향상된 에미션 특성을 보여주었다. 이러한 경우에, 테이프에 접착된 전자 필드 이미터 재료내의 침상 탄소 입자는 전자 필드 이미터 재료의 표면으로부터 돌출되는 것으로 믿어진다.

본 발명에 의해 제공되는 향상된 에미션 특성을 가진 전자 필드 이미터는 트 리오드와 같은 전자 디바이스의 캐소드에서, 특히, 필드 에미션 디스플레이 디바이스에서 이용될 수 있다. 이러한 디스플레이 디바이스는 (a) 에미션을 향상시키기 위해 본 발명의 공정으로 처리된 전자 필드 이미터를 이용하는 캐소드, (b) 캐소드로부터 이격되어 애노드로서 역할을 하는 패터닝된 광학적 투명 전기적 도전성 막, (c) 전자 필드 이미터에 의해 방출된 전자에 의한 충돌 시에 광을 방출할 수 있고, 애노드와 캐소드 사이에서 애노드에 인접하여 위치되어 있는 형광 층, 및 (d) 형광 층과 캐소드 사이에 배치된 하나 이상의 게이트 전극을 포함한다. 전자 필드 이미터의 에미션 특성을 향상시키기 위한 접착성 재료의 이용은, 대형 디스플레이 패널의 캐소드 내에 이용될 수 있는 대형 전자 필드 이미터에 직접 적용된다.

전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정은, 완전 스크린 인쇄된 트리오드를 제조하는데에 도움이 된다. 전자 필드 이미터는 스크린 인쇄되고 소성된 직후에, 바람직하게는 어떤 유전체 재료와 게이트 전극이 캐소드 상에 스크린 인쇄되고 소성된 직후에, 향상 공정을 처리받게 될 수 있다.

스크린 인쇄로 얻어지는 정밀도와 분해능은 제한적이다. 그래서, 100  $\mu\text{m}$  보다 작은 크기(디멘전)를 가진 트리오드를 제조하는 것이 어렵게 된다. 게이트 층과 이미터 층 사이에 전기적 단락을 방지하는 것은, 인쇄 비정밀도때문에 어렵게 된다. 또한, 각각의 층의 특징(feature)이 일 사점에서 일 층에 인쇄되어야 하기 때문에, 서로 다른 스크린의 반복된 재워치는 등록(registration)을 더욱 악화시킨다. 단락을 방지하기 위하여, 게이트 층 개구는 유전체 비아에 비하여 종종 확대되고, 이것은 증가된 게이트-대-이미터 거리에 기인하여 게이트 스위칭 필드의 효율성을 상당히 악화시키게 된다.

포토이미지화가능 후막 기법은 전술한 모든 문제점을 해결할 수 있고, 정상형(normal) 게이트 트리오드의 어레이를 형성하는데 뿐만아니라 반전형(inverted) 게이트 트리오드의 어레이를 형성하는데에 유용하다. 정상형 게이트 트리오드는 필드 이미터 캐소드와 애노드 사이에 물리적으로 게이트를 갖는다. 반전형 게이트 트리오드는 게이트와 애노드 사이에 물리적으로 필드 이미터 캐소드를 갖는다. Fodel<sup>®</sup> 은 및 유전체 페이스트 조성물들(각각, DC206과 DG201)와 같은 포토이미지화가능 후막 형성체(formulation)는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있다. 이들은 미세 입자의 형태의 은 또는 유전체, 및 포토개시자와 포토모노머와 같은 포토이미지화가능 성분을 함유하는 유기 매질내의 저 용점 유리 프리트를 포함한다. 전형적으로, Fodel<sup>®</sup> 페이스트의 균일한 층이 제어된 두께로 기판 상에 스크린 인쇄된다. 이 층은 저열로 베이킹(baking)되어 건조된다. 원하는 패턴을 가진 접촉 포토마스크가 이 막과 밀착 접촉되어 위치되고, 자외선(UV radiation)에 노출된다. 다음에, 이 막은 약한 염화나트륨 수용액에서 현상된다. 10  $\mu\text{m}$  만큼 작은 특징 크기(feature dimension)가 이들 스크린 인쇄 후막을 포토이미지화함으로써 생성될 수 있다. 그래서, 20  $\mu\text{m}$  만큼 작은 트리오드 크기가 얻어 질 수도 있다. 또한, 이미지화는 다층으로 수행될 수 있어, 정렬 정밀도 문제를 제거하게 된다. 이것은, 은 게이트 및 유전체 층들이 함께 이미지화되어 게이트와 유전체 개구들 사이에 완벽한 정렬을 얻을 수 있기 때문에, 정상형 게이트 트리오드의 제조에 이점을 주고, 이미터, 은 캐소드, 및 유전체 층들이 함께 이미지화되어 단락 형성을 방지하면서도, 유전체 리브(rib)의 완벽한 캡핑(capping)을 얻을 수 있기 때문에, 반전형 게이트 트리오드의 제조에 이점을 준다. 작은 비아 크기를 가진 정상형 게이트 트리오드에 대해서, 본 발명의 공정에서는, 접착력을 제공하는 재료가 액체 형태로 인가되는 것이 바람직하다. 이 액체 접착제는 접착성, 열적 및 점성탄성적 특성의 균형에 의해 선택된다. 열적 또는 자외선 경화가능 폴리머를 함유하는 폴리머 용액 또는 용융액 또는 액체 프리-폴리머가 이용될 수 있다.

전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정은, 또한 발광 디바이스의 제조에 도움이 된다. 이러한 디바이스는 (a) 에미션을 향상시키기 위해 본 발명의 공정으로 처리된 전자 필드 이미터를 이용하는 캐소드, (b) 캐소드로부터 이격되어 애노드로서 역할을 하는 광학적 투명 전기적 도전성 막, 및 (c) 전자 필드 이미터에 의해 방출된 전자에 의한 충돌 시에 광을 방출할 수 있고, 애노드와 캐소드 사이에서 애노드에 인접하여 위치되어 있는 형광 층을 포함한다. 캐소드는, 정사각형, 직사각형, 원형, 타원형 또는 그 밖의 다른 원하는 형상의 형태에서, 그 형태내에 균일하게 전자 필드 이미터가 배치되도록 전자 필드 이미터를 포함할 수도 있고, 이 전자 필드 이미터는 패터닝될 수도 있



다. 스크린 인쇄는 전자 필드 이미터를 형성하는 편리한 종래의 방법이다.

에미션 핫 스팟의 존재는, '랜덤 이미터의 집합'을 가지는 것을 수반하는 전자 필드 이미터를 형성하기 위한 어떤 접근법(예로서, 나노튜브와 같은 침상 탄소로 이루어진 이미터 페이스트를 이용하는 것)에서도 주요한 단점이 된다. 핫 스팟을 최소화하기 위하여, 이미터 페이스트는, 당해기술분야에 주지되어 있는 미세 그레인 성분 혼합 및 분산 방법을 이용하여 가능하면 균일하게 만들어져야 한다. 하지만, 인쇄된 후막 표면내의 각각의 그리고 모든 나노튜브의 정확한 에스펙트 비, 배향, 및 국지적 환경을 제어한다는 것은 궁극적으로 가능하지 아니하게 되기 때문에, 개별적인 나노튜브 이미터에 대한 턴온 전압의 자연적 통계적 분포가 예상된다. 균일한 에미션을 위하여, 이러한 분포는 가능하면 좁아져야 한다. 이러한 분포의 저 필드 측에 밀집하게 되는 나노튜브는 주어진 필드에서의 다수보다 상당히 더 높은 전류를 방출하게 되어, 결국 에미션 핫 스팟을 야기한다. 핫 스팟은 분명히, 디스플레이의 그 성취가능한 균일성과 콘트라스트를 제한한다. 또한, 핫 스팟은 제어되지 않은 에미션의 온셋 이전에 인가된 최대 dc 애노드 전압을 심각하게 제한할 수 있다. 이것은 애노드 전압을 낮추게 되고, 되어, 요구된 스위칭 게이트 전압을 증가시키고, 그 감소된 형광 효율에 기인하여 디스플레이 휘도를 감소시키게 된다. 그래서, 이미터의 일반적인 에미션 특성을 저해하지 아니하면서, 이 핫 스팟을 선택적으로 '담금질(quenching)'시키는 방법을 발견하는 것은 매우 중요하게 된다. 반응성 가스와 가스 플라즈마를 이용하면 핫 스팟 에미션을 극적으로 감소시키게 되고 제어되지 않은 에미션의 온셋 이전에 성취가능한 애노드 전압을 증가시키게 된다는 것이 밝혀졌다. 또한, 핫 스팟은 일반적인 에미션을 저해하지 않고 제거되었다.

핫 스팟을 선택적으로 제거하기 위한 하나의 공정은, 핫 스팟이 비정상적으로 높은 국지적 에미션 전류 및 전계를 가진 영역을 포함한다는 사실을 이용하여야 한다. 이것은 다시, 핫 이미터의 국지적 가열과 그 이미터를 직접 둘러싸고 있는 반응성 가스의 이온화를 생성한다. 담금질 공정은 공정 중에 전자를 방출하지 않는 일반적인 이미터 개수(population)에는 악영향을 주지 않으면서, 핫 스팟에의 탄소 나노튜브를 핫 이미터를 둘러싸는 고반응성 가스 및 플라즈마와 선택적으로 반응시키는 작용을 한다라고 믿어 진다. 이 공정의 자체 종료 성질은, 또한 이 메커니즘과 일치한다. 에미션이 진정되면, 가열과 플라즈마 생성도 그렇게 됨으로써, 이 공정을 종료시키게 된다. 산소가 그 가스로서 이용될 수 있다. 오존, 수소, 할로젠, 탄화수소, 및 불화-염화-탄소 등과 이들에만 제한 되지 않고 다른 반응성 가스 및 증기 도, 또한 효과적으로 이용될 수 있다.

필드 에미션 테스트는 이 결과 샘플들에 대해 2개의 전극으로 구성된 평판 에미션 측정 장치를 이용하여 수행되었으며, 여기서 하나의 전극은 애노드 또는 컬렉터로서 역할을 하고 다른 전극은 캐소드로서 역할을 한다. 캐소드는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 홀더에 장착된 구리 블록으로 이루어진다. 구리 블록은 PTFE의 1인치 x 1인치(2.5cm x 2.5cm)의 면적이 후퇴되어 있고, 샘플 기판은, 구리 블록과 샘플 기판 사이에 구리 테이프에 의해 만들어진 전기적 접촉에 의해 구리 블록에 장착되어 있다. 고전압 리드가 구리 블록에 부착되어 있다. 애노드는 어떤 거리로 샘플과 평행하게 유지되어 있는데, 그 거리는 변할 수 있으며, 다만 샘플에 대한 주어진 세트의 측정에 대해서는 고정되도록 유지되도록 선택되었다. 다르게 할 수도 있지만, 간격은 1.25mm가 이용되었다. 애노드는 화학 기상 증착에 의해 증착된 인듐 주석 산화물로 코팅된 유리 판으로 이루어진다. 이것은 그 다음에, Electronic Space Products International로부터 입수한 표준 ZnS계 형광체, Phosphor P-31, Type 139로 코팅된다. 전극이, 이 인듐 주석 산화물 코팅에 부착된다.

테스트 장치가 진공 시스템에 삽입되고, 그 시스템은  $1 \times 10^{-5}$  torr ( $1.3 \times 10^{-3}$  Pa) 보다 낮은 베이스 압력까지 배기되었다. 60 Hz의 주파수에서 3  $\mu$ s의 전형적인 펄스 폭을 가진 음의 전압 펄스가 캐소드에 인가되고, 에미션 전류가 인가 전압의 함수로서 측정되었다. 에미션 전류의 결과로서 형광체에 의해 방출된 이미지는 카메라에 의해 기록된다.

## 발명의 실시예

### 실시예 1

본 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 단일 벽 탄소 나노튜브들로 이루어진 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 수증의 서스펜션으로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 이 서스펜션의 20ml는 증류수 40ml로 희석되고, 2시간동안 매체 밀(media mill)상에서 밀링되었다. 그 결과물을 2시간동안 5000 rpm으로 원심분리하고, 상청액(supernatant liquid)을 제거하였다. 잔류 슬러지는 열무게 분석 판별(thermogravimetric analysis determination)에 의하면 5%의 나노튜브 고체를 함유하고 있다는 것이 밝혀졌다. 이 재료의 1 그램을 유리 프리트(Bayer PK 8701(CAS 등록번호 65997-18-14))의 0.05 그램과 테르피네올중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질의 1.5 그램에 부가하였다. 이들 성분은 유리 판 분쇄기(muller)상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화(silvered) 유리 기판은, 전형적인 유기 에틸셀룰로스계 매질내의 은 파우더와 저용점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525°C에서 소성함으로써, 준비되었다. 1 cm<sup>2</sup>의 정사각형 패턴의 이미터 페이스트는, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120°C에서 10분동안 건조

되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃ 내지 525℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/유리 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이 전자 필드 이미터는 본 명세서에서 개시하는 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 그 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 도 1은 준비중과 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정을 처리한 후 양쪽의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 에미션 전류는 본 발명의 공정의 결과로서 매우 향상된다.

#### 실시예 2

본 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 단일 벽 탄소 나노튜브들로 이루어진 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

Carbolex AP-등급 단일 벽 탄소 나노튜브가, 파우더로서, Carbolex Inc.(Lexington, KY)로부터 입수되었다. 이 재료의 0.11 그램을 테르피네올중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질의 0.75 그램에 부가하였다. 이들 성분은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판은, 전형적인 유기 에틸셀룰로스에 매질내의 은 파우더와 저용점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 1 cm<sup>2</sup>의 정사각형 패턴의 이미터 페이스트는, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브 페이스트는 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이 전자 필드 이미터는 본 명세서에서 개시하는 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 그 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 도 2는 준비중과 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후 양쪽의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 에미션 전류는 본 발명의 공정의 결과로서 매우 향상된다.

#### 실시예 3

본 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 촉매 성장된 탄소 파이버들로 이루어진 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

촉매 성장된 탄소 파이버가, 파우더로서, Catalytic Materials Ltd(12 Old Stable Drive, Mansfield, MA)로부터 입수되었다. 이 촉매 성장된 탄소 파이버들의 0.1513 그램을 유리(Bayer PK 8701(CAS 등록번호 65997-18-14))의 0.1502 그램과 테르피네올중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질의 1.5012 그램에 부가하였다. 이들 성분은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판은, 전형적인 유기 에틸셀룰로스에 매질내의 은 파우더와 저용점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 1 cm<sup>2</sup>의 정사각형 패턴의 이미터 페이스트는, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 촉매 성장된 탄소 파이버/유리 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이 전자 필드 이미터는 본 명세서에서 개시하는 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 그 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 도 3은 준비된 전자 필드 이미터 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 인가 전압의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 에미션 전류는 본 발명의 공정의 결과로서 측정된 전압 각각에 대해 그 크기의 적어도 3-오더 만큼, 즉, 1000배 이상이 향상된다.

#### 실시예 4

본 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 기상 성장된 탄소 파이버들로 이루어진 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

기상 성장된 탄소 파이버가, 파우더로서, Showa Denko America(San Mateo, CA)로부터 입수되었다. 이 재료의 0.11 그램을 테르피네올중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질의 0.75 그램에 부가하였다. 이들 성분은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판은, 전형적인 유기 에틸셀룰로스에 매질내의 은 파우더와 저용점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 1 cm<sup>2</sup>의 정사각형 패턴의 이미터 페이스트는, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용

하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 기상 성장된 탄소 파이버 페이스트는 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이 전자 필드 이미터는 본 명세서에서 개시하는 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부는 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 그 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 도 4는 준비된 전자 필드 이미터 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 인가 전압의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 에미션 전류는 본 발명의 공정의 결과로서 매우 향상된다.

#### 실시예 5 내지 8

이들 실시예는 전자 필드 이미터를 스크린 인쇄하기 위한 저농도의 단일 벽 탄소 나노튜브를 가진 탄소 나노튜브/은 이미터 페이스트의 이용 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 이들 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

실시예 5 내지 8의 이미터 페이스트는 2가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 단일 벽 탄소 나노튜브를 함유하는 페이스트이고, 다른 하나는 은 페이스트이다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 톨루엔중의 서스펜션(톨루엔 단위 리터당 7.7 그램)으로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 이 서스펜션의 일부는 톨루엔중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질과 혼합되어 나노튜브 페이스트를 형성하였다. 이 나노튜브 페이스트내의 나노튜브의 양은 0.29 wt%이었다. 은 페이스트는 유기 매질내에 미세 입자의 형태로 65.2 wt%의 은과 소량의 유리 프리트를 함유하는 은 페이스트 조성물 7095 (Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음)이다. 실시예 5 내지 8의 이미터 페이스트들은 나노튜브/은 페이스트를 각각 80/20, 60/40, 40/60, 및 20/80의 중량 비율로 조합하여 준비되었다. 이들 조합의 각각은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 각각의 실시예에 대해, 전형적인 유기 에틸셀룰로스계 매질내의 은 파우더와 저융점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 각각의 실시예에 대해, 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 패턴의 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/은 페이스트 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 실시예 5 내지 8의 이들 소성된 전자 필드 이미터는 각각 매트릭스 내에 나노튜브를 3.49 wt%, 1.34 wt%, 0.69 wt%, 및 0.23 wt% 을 함유하였고, 여기서 중량퍼센트는 소량의 유리의 존재를 무시하고 계산되었다. 전자 필드 이미터의 총중량을 기준으로 한 나노튜브의 실제 총중량 퍼센트는 약간 낮게 될 것이다. 각각의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 전술한 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 단지 이산적인 에미션 사이트들이 관찰되었고, 총 에미션 전류는 고 전계에서조차 각각의 실시예에 대해 낮게 되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 각각의 전자 필드 이미터의 일부는 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 각각의 실시예의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었고, 각각은 그 전자 필드 이미터의 전체 표면에 걸쳐 균일한 고밀도 에미션을 보여주었다. 2kV의 인가 전압을 갖는 실시예 5와 6의 전자 필드 이미터에 대해 관찰된 전류는 각각 30과 27 $\mu$ A이었고, 2.5kV의 인가 전압을 갖는 실시예 7와 8의 전자 필드 이미터에 대해 관찰된 전류는 각각 17과 15 $\mu$ A이었으며, 이들 모두는, 전류의 크기의 오더가, 이들 전자 필드 이미터가 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전에 관찰하였던 것보다 더 컸다.

#### 실시예 9 내지 11

이들 실시예는 전자 필드 이미터를 스크린 인쇄하기 위한 저농도의 단일 벽 탄소 나노튜브를 가진 탄소 나노튜브/유전체 이미터 페이스트의 이용 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 이들 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

실시예 5 내지 11의 이미터 페이스트는 2가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 단일 벽 탄소 나노튜브를 함유하는 페이스트이고, 다른 하나는 유전체를 함유하는 페이스트이다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 톨루엔중의 서스펜션(톨루엔 단위 리터당 7.7 그램)으로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 나노튜브 페이스트는 이 서스펜션의 중량의 2 분량(portion)과 테르피네올내의 에틸셀룰로스 바인더의 중량의 1 분량을 혼합하여 준비하였다. 유전체 페이스트는 저 연화 비스무트 보레이트 프리트, 알루미늄 산화물, 에틸셀룰로스 바인더, <1%의 청색 안료, <1%의 포스페이트 계면활성제, 및 테르피네올의 혼합물로부터 준비되었다.

실시예 9 내지 11의 이미터 페이스트들은 나노튜브/유전체 페이스트를 각각 2/3, 1.2/1.55, 1/4의 중량 비율로 조합하여 준비되었다. 이들 조합의 각각은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 각각의 실시예에 대해, 전형적인 유기 에틸셀룰로스계 매질내의 은 파우더와 저융점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 각각의 실시예에 대해, 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 패턴의 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화

유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/유전체 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 실시예 9 내지 11의 이들 소성된 전자 필드 이미터는 각각 유전체 매트릭스 내에 나노튜브를 0.47 wt%, 0.91 wt%, 및 약 0.07 wt% 을 함유하였고, 여기서 중량퍼센트는 전자 필드 이미터의 총중량을 기준으로 하여 계산되었다. 각각의 전자 필드 이미터는, 그 다음에, 전술한 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 단지 이산적인 에미션 사이트들이 관찰되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 각각의 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 각각의 실시예의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었고, 각각은 그 전자 필드 이미터의 전체 표면에 걸쳐 균일한 고밀도 에미션을 보여주었다. 도 5는 3개의 실시예 각각에 대하여 준비중과 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후 양쪽의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를, 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 도 6a와 도 6b는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에, 실시예 9의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다. 도 6c와 도 6d는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에, 실시예 10의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다. 도 6e와 도 6f는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리하기 전후에, 실시예 11의 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다. 그 에미션 전류는 이들 3개의 실시예 모두의 전자 필드 이미터에 대한 본 발명의 공정의 결과로서 매우 향상된다.

#### 실시예 12

본 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 단일 벽 탄소 나노튜브들로 이루어진 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

Carbolex AP-등급 단일 벽 탄소 나노튜브가, 파우더로서, Carbolex Inc.(Lexington, KY)로부터 입수되었다. 이 재료의 0.01 그램을 테르피넨올중의 에틸셀룰로스를 주성분으로 이루어진 전형적인 유기 매질의 0.75 그램에 부가하였다. 이들 성분은 유리 판 분쇄기상에서 75 회전으로 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 2개의 실질적으로 동등한 스크린 인쇄된 이미터 페이스트 샘플이 준비되었다. 2개의 사전소성된 은화 유리 기판은, 전형적인 유기 에틸셀룰로스를 매질내의 은 파우더와 저융점 유리 프리트의 혼합물을 2개의 조각의 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 1 cm의 정사각형 패턴의 이미터 페이스트는, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판들 상에 스크린 인쇄되고; 그 샘플들은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 기판-이미터 페이스트-기판의 샌드위치 구조체가, 이들 2개의 이미터 페이스트 샘플을 접촉시키고 2개의 기판을 함께 약하게 누름으로써 형성되었다. 이 샌드위치 구조체는 그 다음에, 450℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 2개의 기판들은 그 다음에, 이들을 멀리 잡아 당겨 서로 분리되도록 함으로써 그 소성된 이미터 페이스트를 프랙처하여 각각 새롭게 형성된 표면을 가진 2개의 전자 필드 이미터를 제공하였다. 각각의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 전술한 바와 같이 에미션에 대해 테스트되었다. 도 7은 양쪽의 전자 필드 이미터에 대한 에미션 결과를 인가 전계의 함수로서 그려진 에미션 전류 밀도로써 도시한다. 양쪽 모두의 전자 필드 이미터는, 도 2에 도시된 결과인 소성은 되었지만 다른 처리는 되지 않은 전자 필드 이미터보다는 더 높은 에미션을 보여준다. 본 실시예에서는, 접착성 테이프가 전혀 요구되지 않았다. 이러한 향상은, 소성에 뒤따르는 기판들의 분리, 및 그 소성된 이미터 페이스트의 결과적인 프랙처 동안에 얻어진다.

#### 실시예 13 및 14

이들 실시예는 전자 필드 이미터에 접착력을 제공하는 재료로서, 열적 연화된 폴리머 막의 이용을 보여준다.

이들 실시예의 이미터 페이스트는 3가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 단일 벽 탄소 나노튜브를 함유하는 서스펜션이고, 다른 하나는 10%의 에틸셀룰로스 및 90%의 베타-테르피넨올을 함유하는 전형적인 유기 매질이고, 나머지 하나는 은을 함유하는 전형적인 페이스트이다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가 레이저 박리에 의해 생성된 비정제 파우더로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 나노튜브 서스펜션이 1% 중량의 나노튜브 파우더와 99% 중량의 트리메틸벤젠을 함유하는 혼합물을 소니케이팅(sonicating), 즉, 초음파적으로 혼합하여 준비되었다. 이용된 초음파 혼합기는 40kHz, 20 watt에서 동작하는 1/4 인치 혼(horn)을 가진 Dukane 모델 92196 이다. 은 페이스트는 유기 매질내에 미세 은 입자의 형태로 65.2 wt%의 은과 소량의 유리 프리트를 함유하는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있는 은 페이스트 조성물 7095 이다.

이미터 페이스트는 나노튜브 서스펜션/유기 매질/은 페이스트를 27/40/33의 중량 비율로 조합함으로써 준비되었다. 이 조합은 3-롤 밀(mill)에서 10 롤과 동안 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 각각의 실시예에 대해, 전형적인 유기 에틸셀룰로스계 매질내의 은 파우더와 저융점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 실시예 13에 대해서는, 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 패턴의 이미터 페이스트가, 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되었다. 실시

예 14에 대해서는, 픽셀 직경이 20mil 크기로 이격된(spaced) 11 x 11 픽셀 어레이로서, 이웃하는 픽셀 사이의 거리는 40 mil 이었다. 이들 샘플은 후속하여 120℃에서 10분 동안 건조되었다. 이들 샘플은 그 다음에, 525℃에서 10분 동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/은 조성물이 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이들 소성된 전자 필드 이미터는 대부분의 은 매트릭스 내에 나노튜브를 1.3 wt% 을 함유하였고, 여기서 중량퍼센트는 소성후의 전자 필드 이미터의 총중량을 기준으로 하여 계산되었다. 이 전자 필드 이미터 샘플들은, 그 다음에, 전술한 바와 같이 전자 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 실시예 13의 정사각형 패턴으로부터의 균일한 에미션 보다 더, 또는 실시예 14의 각각의 이미터 표면 전체에 대하여, 단지 이산적인 사이트가 소성중의 샘플들에서 관찰되었다.

저융점 Riston<sup>®</sup> 폴리머 막(E. I. du Pont de Nemours and Company 으로부터 입수 가능함)이 열적으로 연화된 폴리머 막으로서 이용되었고, 전자 필드 이미터에 집착성 집착을 제공하였다. 도 8a에 도시된 바와 같이, 3 mil의 두께의 저융점 아크릴 폴리머 막(1)을 용이하게 처리하기 위하여, 1 mil의 두께의 폴리에틸렌 테르에프탈레이트(PET) 백킹(backing)(2) 상으로 열적 사출되었다. 매트형(matted) 표면 텍스처를 가진 1 mil의 두께의 폴리에틸렌 막(3)이 커버 층으로 이용되어, 3층 구조체를 형성하였다.

동일한 프로시저가 실시예 13과 14에 대해 이용되었다. 폴리에틸렌 커버 층(3)이 우선 제거되어, 도 8b에 도시된 바와 같이, 아크릴 폴리머(1)을 노출하였다. 실온에서, 이 아크릴 폴리머(1)는 택 프리(tack free)이고, 가열 적층(lamination)을 준비하는데 있어서 이미터 샘플 표면 상에 용이하게 위치될 수 있다. 이 매트형 텍스처된 폴리머 표면은 가열 적층 동안에 공기 탈출(air escape)을 촉진한다. 만약 필요하다면, 가열 적층 이전에, 진공 백 또는 테이블이 폴리머 막과 샘플 표면 사이에서 모를 공기를 제거하는데 이용되어, 표면 토폴로지에의 양호한 접착을 보장할 수 있다. PET 백킹(2)을 가진 폴리머 막(1), 및 그 은화 유리 기판(4)과 전자 필드 이미터(5)의 11 x 11 픽셀 어레이를 가진 실시예 14의 샘플은, 버블 프리 적층을 위해 적용된 압력으로 60 내지 70℃ 까지 가열된 홈/오피스 적층가(laminator)를 통과하여, 도 8c에 도시된 바와 같은 이미터 상에 그 가열 적층된 폴리머를 형성하였다. 이 실시예에서 수행되지는 않았지만, PET 백킹(2)은 저융점 폴리머에 최대의 집착을 제공하기 위해 코팅되거나 플라즈마 처리되어야 한다. 이들 실시예에서 이용된 처리되지 않은 PET 백킹에 대하여, PET에의 아크릴 폴리머의 접착은 열악하여, 2개의 추가적인 단계를 요구하게 되었다. 먼저, 도 8d에 도시된 바와 같이, 그 적층된 샘플은 실온까지 냉각되었고, PET 백킹(2)은 제거되었다. 다음에, 이 아크릴 폴리머에 잘 접착되는 1 mil의 두께의 알루미늄 호일(6)이, 도 8e에 도시된 바와 같이, 아크릴 폴리머(1) 상에 가열 적층되었다. 코팅된 또는 처리된 PET 백킹이 이용되는 경우에는, 이들 두 단계는 생략될 수 있다. 실온까지 냉각하면서, 알루미늄 백킹된 폴리머 막은 이미터 표면에서 박리되고, 도 8f에 도시된 이미터를 남겼다. 각각의 샘플의 전자 필드 이미터의 일부분은 그 아크릴 폴리머에 접착되어 있다.

실시예 13과 14의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 전술한 바와 같은 필드 에미션에 대해 테스트되며, 실시예 13과는 그 이용된 간격이 1.85mm 인 것만 다르다. 균일한 고밀도 에미션이, 실시예 13의 전자 필드 이미터의 패턴된 표면 및 실시예 14의 전자 필드 이미터의 큰 정사각형의 전 표면에 걸쳐 존재하였다. 실시예 13에서 관찰된 전류는 2 kV의 인가 전압에서 6  $\mu$ A이고, 실시예 14에서 관찰된 전류는 3 kV의 인가 전압에서 80  $\mu$ A이었다.

도 9a는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 실시예 13의 전자 필드 이미터로부터 전자 에미션에 의해 임편지된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진이고, 도 9b는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 실시예 14의 전자 필드 이미터로부터 전자 에미션에 의해 임편지된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진이다.

#### 실시예 15

본 실시예는 전자 필드 이미터의 패턴을 스크린 인쇄하고 포토이미지화하기 위한 저농도의 단일 벽 탄소 나노튜브를 가진 포토이미지화가능 탄소 나노튜브/은 이미터 페이스트의 이용 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 이들 전자 필드 이미터에 의해 나타나는 양호한 에미션을 보여준다.

실시예 15의 이미터 페이스트는 2가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 단일 벽 탄소 나노튜브를 함유하는 페이스트이고, 다른 하나는 은을 함유하는 포토이미지화가능 페이스트이다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 레이저 박리에 의해 생성된 비정제 파우더로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 은 페이스트 조성물은 DC206이고, 이는 Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있다. 이것은, 미세 은 입자의 형태로 은과, 포토개시자와 포토노모너와 같은 포토이미지화가능 성분들을 포함하는 유기 매질내에 소량의 유리 프리트를 함유한다.

이 포토이미지화가능 이미터 페이스트는 탄소 나노튜브 파우더와 Fodel<sup>®</sup> 은 페이스트를 1/100의 중량 비율로 유리 판 분쇄기상에서 조합하고, 75 회전으로 혼합함으로써 형성되었다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 전형적인 유기 에틸셀룰로스계 매질내의 은 파우더와 저융점 유리 프리트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 7/8 인치(2.22cm) 정사각형 패턴의 포토이미지화가능 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분 동안

건조되었다. 이 건조된 샘플은 그 다음에, 'DUPONT'의 UV 광 투과 패턴을 포함하는 포토 롤을 이용하여 포토패터닝 되었다. 4000 mJ의 UV 선량이 노출에 이용되었다. 이 노출된 샘플은 0.5%의 탄산염 수용액에서 현상되었다. 이 현상된 샘플은 그 다음에, 수중에서 완전 세정되고, 건조 처리되었다. 이 샘플은 그 다음에, 525°C에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/Fodel<sup>®</sup>은 조성물은 기판 상에 절착제 코팅을 형성한다. 각각의 전자 필드 이미터는, 그 다음에, 전술한 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 단지 이산적인 에미션 사이트들이 관찰되었다. 에미션 테스트 후에, Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부는 Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프에 접촉되었다. 이 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었고, 그 전자 필드 이미터의 전체 표면에 걸쳐 균일한 고밀도 에미션을 보여주었다.

도 10은 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리한 후에, 전자 필드 이미터로부터의 전자 에미션에 의해 타격된 형광 층으로부터 방출된 광의 사진을 도시한다.

#### 실시예 16

본 실시예는 트리오드 구조체의 비아(via)들 내에서 증착된 탄소 나노튜브 전자 필드 이미터를 가진 완전 스크린 인쇄된 전자 필드 에미션형(emissive) 트리오드의 구성에 있어서의 은, 유전체 및 탄소 나노튜브/은 이미터 페이스트의 이용 및 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 얻은 양호한 에미션을 보여준다.

은 페이스트는 유기 매질내에 미세 은 입자의 형태로 65.2 wt%의 은과 소량의 유리 프리트를 함유하는 은 페이스트 조성물 7095 (Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음)이다. 유전체 페이스트는 저 연화 비스무트 보레이트 프리트, 알루미늄 충전제, 에틸셀룰로스 바인더, <1%의 청색 안료, <1%의 포스페이트 계면활성제, 및 테르피네올의 혼합물로부터 준비되었다.

레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 레이저 박리에 의해 생성된 비정제 파우더로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 이미터 페이스트는 0.03 그램의 나노튜브 파우더와 2.97 그램의 7095 은 페이스트를 분쇄기로써 혼합하여, 은 페이스트내에 1.0 wt%의 나노튜브를 생성하였다.

트리오드를 형성하는 층은 도 11에 도시되어 있는데, 도 11a에는 개개의 층들이 도시되어 있고, 도 11b에는 완성된 트리오드 구조체가 도시되어 있다. 6  $\mu$ m 두께의 은 캐소드 라인 패턴이 325 메쉬 스크린을 이용하여 각각의 라인이 30 mil의 폭을 가진 5-라인 패턴(2)으로 7095 은 페이스트를 스크린 인쇄한 후, 525°C에서 10분동안 소성함으로써, 유리 기판위에 준비되었다. 2개의 유전체 층(3)이 그 다음에, 각각의 비아가 20 mil의 직경을 가지고 은 캐소드 라인들상의 중심에 위치되는 5 x 5 에레이의 비아를 포함하는 280 메쉬 스크린으로써, 캐소드 라인들의 상부 위에 스크린 인쇄되었다. 유전체의 총 두께는 25  $\mu$ m 이었다. 이 유전체는 그 다음에, 500°C에서 공기내에서 소성되었다. 6  $\mu$ m의 단일 층의 동일한 7095 은 페이스트가 그 다음에, 325 메쉬 스크린을 이용하여 캐소드 라인들에 수직인 5개의 라인으로 유전체의 상부 위에 스크린 인쇄되어, 게이트 전극(4)로 작용하였다. 이 게이트는 직경이 28 mil이고 유전체내의 비아들의 중심에 대응하여 중심을 가진 비아를 가진다. 게이트 층은 그 다음에, 500°C에서 공기내에서 소성되었고, 그 기간중에 그 바이 직경은 25 mil 까지 감소되었다. 소성 후에, 은 층들은 5  $\mu$ m의 두께를 가지며, 유전체 층들은 25  $\mu$ m의 두께를 가졌다.

마지막으로, 비아들은 20 mil의 홀을 가진 비아 충전 스크린을 이용하여 이미터 페이스트(5)로써 충전된 후에, 450°C에서 N<sub>2</sub> 내에서 소성되어, 나노튜브를 산화로부터 방지하도록 하였다. 소성된 이미터 페이스트 플러그의 직경은 그 상부에서 19 mil 이다. 결과적인 디바이스는 게이트-대-비아 거리로 3 mil을 가진다.

소성중의(as-fired) 트리오드 어레이는 그 다음에, 전술한 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 게이트 전극은 다이오드 테스트 중에는 전기적으로 플로팅하도록 하였다. 4kV의 애노드-캐소드 전압에서 소성중의 샘플로부터는 아무런 에미션도 관찰되지 않았다. 이 트리오드 어레이는 그 다음에, Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프(#810 - 3M Company)의 조각을 이 트리오드 표면에 접촉함으로써, 본 발명의 공정에 의해 처리되었다. 이 테이프는 소프트 고무 롤러에 의해 그 표면 상 및 비아 개구 내로 눌러져 들어 가서, 그 테이프가 전자 이미터와 접촉을 형성하도록 하였다. 진공이 인가되어, 비아 개구내측의 트랩된 공기를 제거하여, 이미터와의 최적의 접촉성 접촉을 얻을 수 있다. 이 테이프는 그 다음에, 벗겨졌다. Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프에 접촉된 전자 필드 이미터의 일부는 그 테이프 상에 다크 스팟(dark spot)으로서 보여질 수도 있다. 이 트리오드는 다시, 전술한 바와 같은 장치내에서 다이오드 에미션에 대해 테스트되었다. 스크린 인쇄된 트리오드의 다이오드 테스트 중에 형광 애노드상에 발생된 광이 도 12에 도시되어 있다. 도 12a에 도시된 바와 같이 25개의 비아 모두로부터 에미션이 관찰되었다. 130 nA의 에미션 전류가 3.25kV의 애노드-캐소드 전압에서 측정되었다.

동일한 측정 장치를 이용하여, 그 트리오드 어레이가 5개의 게이트 라인중 4개를 펄스형 게이트 전원에, 모든 캐소드 라인을 DC 캐소드 전원에, 애노드를 DC 애노드 전원에 연결하는 트리오드 모드에 테스트되었다. 연결되지 않은 게이

트 라인온 전기적으로 플로팅 상태로 남아 있고, 그래서 다이오드 내 트리오드 에미션에 대한 제어를 제공하게 되었다. 게이트 전원은 접지로 설정하고, 애노드 전원은 3kV로 설정하며, 캐소드 전원은 -300V로 설정하였다. 이들 전압 설정에서, 그 플로팅 게이트 라인(즉, 도 12b의 좌로부터 두번째 라인)에 연계된 비아로부터 약한 다이오드 에미션이 관찰되었다. 게이트 전원은 그 다음에, 60 Hz에서 3 $\mu$ s의 펄스 지속시간을 가진 100V의 펄스형 전압을 생성하도록 설정되었다. 이 게이트 전원에 의해 구동되는 게이트 라인(즉, 도 12b의 좌로부터 첫번째, 세번째, 네번째, 및 다섯째 라인)에 연계된 비아들에 대해서, 강한 트리오드 에미션이 관찰되었다. 애노드에서는 600 nA의 트리오드 에미션 전류가 측정되었다.

#### 실시예 17

본 실시예는 발광 디바이스에 이용하기 위한 전자 필드 이미터를 스크린 인쇄하기 위한 저농도의 단일 벽 탄소 나노튜브를 가진 탄소 나노튜브/은 이미터 페이스트의 이용을 보여준다. 전자 필드 이미터를 스크린 인쇄하기 위한 저농도의 단일 벽 탄소 나노튜브를 가진 탄소 나노튜브/은 이미터 페이스트가 이용되었다. 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후에, 이들 전자 필드 이미터는 강하고 균일한 양호한 에미션을 보여주었다. 더욱이, 이 이미터들은 발광 응용분야에 적절한 고 휘도를 성취할 수 있도록 고 애노드 전압으로 고 듀티 사이클에서 구동되었다.

실시예 17의 이미터 페이스트는 단일 벽 탄소 나노튜브 파우더를 은을 함유하는 페이스너로 혼합함으로써 준비되었다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가, 레이저 박리에 의해 생성된 비정제 파우더로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 은 페이스트는 유기 매질내에 미세 은 입자의 형태로 65.2 wt%의 은과 소량의 유리 프리트를 함유하는 은 페이스트 조 성물 7095 (Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있음)이다. 이미터 페이스트는 0.03 그램의 탄소 나노튜브 파우더와 2.97 그램의 7095 은 페이스트를 분쇄기로서 혼합하여, 은 페이스트내에 1.0 wt%의 나노튜브를 함유하는 이미터 페이스트를 생성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 7095 은 페이스트의 혼합물을 유리 기판 상에 스크린 인쇄한 후, 벨트 퍼니스내에서 10분동안 525 $^{\circ}$ C에서 소성함으로써, 준비되었다. 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 패턴의 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플은 후속하여 120 $^{\circ}$ C에서 10분동안 건조되었다. 이 샘플들은 그 다음에, 450 $^{\circ}$ C에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/은 조성물은 기판 상에 접촉제 코팅을 형성한다. 이 소성된 전자 필드 이미터는 대부분의 은 매트릭스 내에 나노튜브를 1.4 wt% 을 함유하였고, 여기서 중량퍼센트는 7095 페이스트의 비휘발성 고체와 탄소 나노튜브 파우더의 총중량을 기준으로 하여 계산되었다.

이 전자 필드 이미터는, 그 다음에, 전술한 바와 같이 전자 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 단지 이산적인 에미션 사이트들이 그 소성중의 샘플내에서 관찰되었다. 제1의 에미션 테스트 후에, Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프(#810 - 3 M Company)의 조각이 이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부 분은 Scotch<sup>TM</sup> Magic<sup>TM</sup> 테이프에 접촉되었다. 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었고, 그 전자 필드 이미터의 전체 표면에 걸쳐 균일한 고밀도 에미션을 보여주었다.

발광 관련 응용분야에서 이들 전자 이미터의 포텐셜을 보여주기 위해서, 애노드-캐소드 간격이 3mm로 증대되었는데, 이것은 이미터에 2 V/ $\mu$ m의 전계를 유지하면서 6 kV의 애노드 전압을 이용하는 것을 허용한다. 이 실험은 3 kV의 일정한 전압으로 애노드를 바이어스하면서 수행되었다. 60 Hz의 반복 레이트를 가진 음의 3 kV 전압 펄스가 캐소드에 인가되었다. 펄스 지속시간이 3  $\mu$ s 내지 3 ms에서 변화하도록 허용되어, 듀티 사이클이 0.018 % 내지 18 %의 범위에 걸쳐게 되도록 하였다. 에미션 전류 밀도와 형광 루미넌스 출력은 듀티 사이클에 의해 증가되어, 각각 190  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>와 12000 Cd/m<sup>2</sup>에 달하게 됨이 밝혀졌다. 이 루미넌스 값은 전형적인 형광 램프의 2배이다. 에너지 효율은 최적화되지 않았지만, 형광 램프의 약 30% 이고, 백열 전구의 150% 임이 밝혀졌다.

#### 실시예 18 내지 22

이들 실시예는 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 서로 다른 5개의 소스로부터 얻어지는 탄소 나노튜브들을 가진 전자 필드 이미터들의 에미션 성능을 보여준다.

각각의 실시예의 이미터 페이스트는 3가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 탄소 나노튜브를 함유하는 서스펜션이고, 다른 하나는 10%의 에틸셀룰로스와 90%의 베타-테르피네올을 함유하는 전형적인 유기 매질이고, 나머지 하나는 은을 함유하는 전형적인 페이스트이다. 나노튜브 서스펜션은 약 1 % 중량의 나노튜브와 99% 중량의 테르피네올을 함유하는 혼합물을 소니케이팅하여 준비되었다. 각각의 실시예에서 이용된 나노튜브는 다음과 같다.

실시예 18 - 레이저 박리 성장된 단일 벽 나노튜브 (Tube@ Rice, Houston, TX로부터 입수)

실시예 19 - 힙코(Hipco) 처리 나노튜브 (Carbon Nanotechnologies Inc., Houston, TX로부터 입수)

실시예 20 - 단일 벽 나노튜브 (MER Inc., Tuscon, AZ로부터 입수)

실시예 21 - Carbolex AP-등급 단일 벽 탄소 나노튜브 (Carbolex Inc., Lexington, KY로부터 입수)

실시예 22 - 복수 벽 나노튜브 (Nanolab Inc., Watertown, MA로부터 입수)

온 페이스트는 전술한 바와 같은, Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있는 온 페이스트 조성물 7095 이다.

이미터 페이스트는 나노튜브 서스펜션/유기 매질/온 페이스트를 약 30/40/30의 중량 비율로 3-롤 밀 상에서 10 통과 동안 조합함으로써 준비되었다. 사전소성된 온화 유리 기판이, 각각의 실시예에 대하여, 전술한 바와 같은 7095 온 페이스트의 혼합물을 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525°C에서 소성함으로써, 준비되었다. 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 균일한 패턴의 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 온화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되고, 그 샘플들은 후속하여 120°C에서 10분동안 건조되었다. 이 샘플 모두는 그 다음에, 525°C에서 10분 동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/온 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다. 이들 실시예의 그 소성된 전자 필드 이미터들은 대부분의 온 매트릭스 내에 약 1 wt%의 나노튜브를 함유하였고, 여기서 중량퍼센트는 전자 필드 이미터의 총중량을 기준으로 하여 계산되었다.

Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 각각의 실시예의 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 각각의 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접착되었다. 각각의 실시예의 전자 필드 이미터는 그 다음에, 전술한 바와 같이 필드 에미션에 대해 테스트되었다. 표 1은 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정으로 처리된 후의 전자 필드 이미터들에 대한 에미션 결과를, 인가 전계의 함수로서 주어진 에미션 전류 밀도로서 비교한다. 실시예 18에 이용된 나노튜브들은 이들중의 어떤 것을 이용하더라도 최고의 전류 밀도를 나타내며, 따라서 가장 바람직하다.

인가전압 (kV)	전계 (V/μm)	전류밀도 (A/cm²) 실시예 18	전류밀도 (A/cm²) 실시예 19	전류밀도 (A/cm²) 실시예 20	전류밀도 (A/cm²) 실시예 21	전류밀도 (A/cm²) 실시예 22
0.5	0.4	nm	nm	nm	nm	nm
1.0	0.8	$1.75 \times 10^{-8}$	$8.5 \times 10^{-10}$	nm	nm	nm
1.5	1.2	$5.50 \times 10^{-7}$	$1.50 \times 10^{-8}$	$4.00 \times 10^{-10}$	$2.50 \times 10^{-9}$	nm
2.0	1.6	$5.60 \times 10^{-6}$	$7.50 \times 10^{-8}$	$7.50 \times 10^{-9}$	$4.50 \times 10^{-8}$	$5.00 \times 10^{-11}$
2.5	2.0	$1.90 \times 10^{-5}$	$2.50 \times 10^{-7}$	$5.50 \times 10^{-8}$	$2.50 \times 10^{-7}$	$3.50 \times 10^{-10}$
3.0	2.4	$4.45 \times 10^{-5}$	$7.00 \times 10^{-7}$	$3.00 \times 10^{-7}$	$1.15 \times 10^{-6}$	$1.05 \times 10^{-9}$
3.5	2.8		$1.45 \times 10^{-6}$	$9.00 \times 10^{-7}$	$2.75 \times 10^{-6}$	$5.00 \times 10^{-9}$
4.0	3.2		$3.00 \times 10^{-6}$	$2.25 \times 10^{-6}$	$6.50 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^{-8}$

nm = 측정불가(not measurable), 즉,  $1 \times 10^{-11}$  A/cm² 미만

#### 실시예 23

본 실시예는 반응성 가스로서의 산소와 가스 플라즈마를 이용하여, 핫 스팟 에미션을 극적으로 감소시키고, 제어되지 않은 에미션의 온셋(on-set) 이전에 성취가능 애노드 전압을 증가시키는 것을 보여준다. 더 나아가, 핫 스팟이 일반적 인 에미션을 저해하지 않고도 제거될 수 있음을 보여준다.

본 실시예의 이미터 페이스트는 3가지 성분을 혼합함으로써 준비되었는데, 그 하나는 단일 벽 탄소 나노튜브를 함유하는 서스펜션이고, 다른 하나는 10%의 에틸셀룰로스와 90%의 베타-테르피네올을 함유하는 전형적인 유기 매질이 고, 나머지 하나는 온을 함유하는 전형적인 페이스트이다. 레이저 박리 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브가 비정제 파우더로서, Tube@ Rice, Rice University(Houston, TX)로부터 입수되었다. 나노튜브 서스펜션이 약 1% 중량의 나노튜브 파우더와 99% 중량의 디부틸 카르비톨을 함유하는 혼합물을 소니케이팅, 즉, 초음파적으로 혼합하여 준비되었



다. 이용된 초음파 혼합기는 40kHz, 20 watt에서 동작하는 1/4 인치 혼(horn)을 가진 Dukane 모델 92196 이다. 은 페이스트는 전술한 바와 같은, Wilmington, DE 소재의 E. I. du Pont de Nemours and Company로부터 입수할 수 있는 은 페이스트 조성물 7095 이다.

이미터 페이스트는 나노튜브 서스펜션/유기 매질/은 페이스트를 약 30/40/30 의 중량 비율로 조합함으로써 준비되었다. 이 조성은 3-롤 밀에서 10 통과 동안 혼합되어, 이미터 페이스트를 형성하였다. 사전소성된 은화 유리 기판이, 전술한 바와 같은 7095 은 페이스트를 유리 상에 스크린 인쇄한 후, 525℃에서 소성함으로써, 준비되었다. 9/16 인치(1.43cm) 정사각형 패턴의 이미터 페이스트가, 그 다음에 325 메쉬 스크린을 이용하여 그 사전소성된 은화 유리 기판 상에 스크린 인쇄되었고, 그 샘플은 후속하여 120℃에서 10분동안 건조되었다. 이 샘플은 그 다음에, 525℃에서 10분동안 질소내에서 소성되었다. 소성 후에, 그 나노튜브/은 조성물은 기판 상에 접착제 코팅을 형성한다.

Scotch™ Magic™ 테이프(#810 - 3M Company)의 조각이 전자 필드 이미터에 인가되고, 접촉되며, 그 다음에 제거되었다. 전자 필드 이미터의 일부분은 Scotch™ Magic™ 테이프에 접촉되었다. 전자 필드 이미터는 그 다음에, 필드 에미션에 대해 테스트되었다.

이 샘플은 그 다음에, 1.25mm의 애노드-대-캐소드 간격을 가진 전술한 바와 같은 평판 에미션 측정 장치에 위치되었다. 음의 펄스형 고 전압 전원이 캐소드에 연결되고, 그러므로써 전자 필드 이미터에 연결되었다. 평판 에미션 측정 장치는 아르곤 및 산소 가스 인입구들과 플로우 제어 구비된 진공 챔버내에 위치되었다. 진공 챔버는  $1.0 \times 10^{-5}$  torr ( $1.3 \times 10^{-3}$  Pa) 와 같거나 또는 그 아래의 압력까지 배기되었다. 샘플상의 에미션 핫 스팟을 만들기 위해서, 애노드 전압을 1 kV dc까지 점차적으로 증가시켰다. 형광 스크린의 루미넌스와 에미션 전류가 700V 와 같이 낮은 애노드 전압에서 관측되었다. 이 애노드 전원에서 측정된 핫 스팟 에미션 전류는 1 kV에서 15μA 임이 밝혀졌다. 천개 이상의 강한 이산적 에미션 스팟이 2 cm<sup>2</sup>의 샘플내에서 관측되었다. 1 kV의 애노드 전압에서 동작하는 디스플레이 장치에 대해, 모든 핫 스팟은 제거되어야 한다. 1.3 kV의 더 높은 애노드 전압에서, 핫 스팟의 개수와 총 전류는 각각 수천 및 5 0μA까지 증가되었다. 1.3 kV에서 핫 스팟 에미션을 유지하면서, 아르곤 가스를 플로우 제어 밸브를 통하여 진공 챔버 내로 도입하여, 진공 압력을  $1.0 \times 10^{-5}$  torr ( $1.3 \times 10^{-3}$  Pa)로부터  $5.5 \times 10^{-4}$  torr ( $7.3 \times 10^{-2}$  Pa)까지 증가시켰다. 이것은, 핫 스팟 에미션에 대한 챔버 압력의 영향을 판단하기 위해 하여진 것이다. 핫 스팟의 개수 또는 총 에미션 전류에 대해 별다른 영향이 화학적 불활성 아르곤 가스로써는 관찰되지 않았다. 아르곤 가스를 배기-펌핑(pumping out)한 후, 산소 가스를 진공 챔버내로 도입하여 압력이  $5.5 \times 10^{-4}$  torr ( $7.3 \times 10^{-2}$  Pa)까지 되도록 하였다. 핫 스팟의 개수와 총 에미션 전류의 극적인 감소가 수초 내에 관찰되었다. 샘플상의 가시적인 핫 스팟이, 산소의 도입 후 10초내에, 수천개에서 소수개로 감소되었다. 따라서, 총 에미션 전류도, 50 에서 2μA 까지 감소하였다. 하지만, 핫 스팟 에미션 감소의 레이트는 에미션 전류와 함께 감소되는 것이 밝혀졌고, 이 공정은 자체 중지되는 것으로 보였다. 또한, 산소가 진공 챔버로부터 배기된 직후에, 핫 스팟 에미션의 약간의 회복이 관찰되었다. 이 잔여 전류는 20분후에 약 7μA에서 안정화되었다.

자체 중지 성질과 약간의 에미션 회복 때문에, 본 실시예에서 설명된 핫 스팟 에미션을 감소시키는 공정은 최종 디바이스 애노드 전압보다 더 높은 애노드 전압에서 수행되어야 한다. 애노드 전압이 1 kV 까지 감소되는 경우에는, 핫 스팟이나 에미션 전류가 전혀 관찰되지 않았다. 그래서, 본 실시예에는 이 에미션을 산소 담금질하기 전에 1 kV 에서 관찰된 천개 이상의 핫 스팟의 전체적 제거를 보여준다. 애노드를 1 kV 로 유지하면서, 3 μs의 펄스 지속시간과 60 Hz의 반복 레이트를 가진 음의 1.5 kV 전압 펄스가 캐소드에 인가되었다. 고밀도의 균일한 에미션이 25μA에서 측정된 총 에미션 전류와 함께 관찰되었다. 이것은 산소 담금질 처리 동안에 일어난 일반적인 에미션에 별다른 해를 입히지 않는다는 것을 보여준다.

#### 실시예 24

후막 기반형 필드 에미션형 트라이오드 어레이의 구성에 있어서, 포토이미지화 온, 유전체, 및 나노튜브/은 이미터 페이스터의 이용은 특질 크기와 정렬 정밀도에서 스크린 인쇄 만으로써 얻을 수 있는 것보다 우수한 결과를 주고, 이러한 트라이오드의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정의 이용은 본 실시예에 설명하는 것과 같이 성취될 수 있다.

정상형 게이트 필드 에미션 트라이오드는 물리적으로 전자 필드 이미터 캐소드와 애노드 사이에서 게이트 전극을 가진다. 여기서, 게이트 전극은 캐소드 어셈블리의 부분으로 고려된다. 캐소드 어셈블리는 기판의 표면 상에 증착된 제1 층으로서 캐소드 전류 공급부(feed)로 이루어진다. 원형 또는 슬롯 형상 비아들을 포함하고 있는 유전체 층은 이 디바이스의 제2 층을 형성한다. 전자 필드 이미터 층은 비아들내에서 캐소드 도체와 접촉되어 있고, 그 두께는 기저부(bas e)로부터 유전체 층의 상부까지 뻗어 있을 수도 있다. 유전체 상에 증착되어 있지만, 전자 필드 이미터와는 접촉하고 있지 아니한 게이트 전극 층이 캐소드 어셈블리의 상부층을 형성한다. 캐소드에 있어서의 임격한 크기(디멘전)으로는, 비아 직경, 유전체 두께, 및 게이트-대-전자 필드 이미터 거리가 포함된다. 이들 모든 크기는 트라이오드의 최적화된 저 전압 스위칭을 얻기 위해 최소화되어야 한다.

다음의 공정은 포토이미지화가능 후막을 이용하여 정상형 게이트 트라이오드 어레이에 대한 캐소드 어셈블리의 제조를

가져올 것이다. 이들의 단계에는 다양한 변경이 가능한 당해기술분야의 전문가에게는 당연할 것이다. 포토이미지 화가능 후막 페이스트를 이용하여 정상형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리를 제조하기 위한 공정은 다음의 단계를 포함한다.

(a) 포토이미지화가능 은 캐소드 층을 기판에 인쇄하고, 은 캐소드 층을 포토이미지화하고 현상한 후, 소성하여, 기판 상에 은 캐소드 공급 라인을 생성하는 단계;

(b) 노출된 기판과 은 캐소드 공급 라인의 상부에 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층을 인쇄하고, 전자 필드 이미터 층을 절, 직사각형, 선으로 은 캐소드 공급 라인상에 포토이미지화하고 현상하는 단계;

(c) 전자 필드 이미터와 은 캐소드 공급 라인의 상부에 하나 이상의 균일한 포토이미지화가능 유전체 층을 인쇄하고, 유전체를 건조하는 단계;

(d) 유전체의 상부에 포토이미지화가능 은 게이트 라인의 층을 인쇄하고, 은 게이트 라인의 층을 건조하는 단계;

(e) 비아 또는 슬롯 패턴을 포함하는 포토마스크를 이용하여, 은 게이트 층과 유전체 층을 단일의 노출에서 이미지화 함으로써, 비아들을 전자 필드 이미터 점, 직사각형 또는 선의 상부에 직접 위치시키는 단계; 및

(f) 은 게이트 층과 유전체 층을 현상하여 비아의 기저부에서 전자 필드 이미터를 드러나게 하고, 전자 필드 이미터와 상응할 수 있는 조건하에서 전자 필드 이미터 층, 유전체 층, 및 은 게이트 층을 동시소성(co-firing)하는 단계.

이 트리오드 어레이를 포함하는 캐소드 어셈블리는 그 다음에, 에미션을 향상시키기 위해 본 발명의 공정으로 처리된다.

정상형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리를 제조하기 위한 공정의 단계 (b)에서, 만약 전자 필드 이미터 층의 점들, 직사각형들, 및 선들의 크기가 최종의 비아 크기보다 상당히 크다면, 후속하는 유전체 및 게이트 층들의 정렬은 단순화될 수 있다. 대안으로서, 이것이 그 어레이의 원하는 피치 밀도에 대해 성취될 수 있다면, 이 전자 필드 이미터 층은 단순한 스크린 인쇄에 의해 제조될 수도 있어, 포토이미지화가능 이미터 페이스트의 이용을 요구하지 않을 것이다. 단계 (d)에서, 만약 피치 밀도가 은 게이트 라인들의 인쇄에 대해 너무 높으면, 포토이미지화가능 은의 균일한 층이 인쇄될 수 있고, 그 라인들이 이어서 이미지화 단계 (e)에서 은 게이트 라인과 비아 패턴을 가진 마스크를 이용하여 형성될 수 있다.

이상의 공정은 포토이미지화가능 후막이 이용되는 경우에, 어떠한 엄격한 정렬 단계가 없더라도, 게이트, 비아, 전자 필드 이미터의 엄격한 등록이 어떻게 성취될 수 있는지를 보여준다. 가장 중요한 것은, 이 공정은 최소의 게이트-대-이미터 분리를 성취하는 동시에, 게이트와 전자 필드 이미터 층들 사이에서 단락의 형성을 방지한다는 것이다. 이 공정은 후막뿐만아니라, 모든 포토-정의가능 재료에도 적용가능하다. 예로서, 100  $\mu\text{m}$ 의 피치를 가진 직경 50  $\mu\text{m}$ 의 비아 어레이가 Fodel<sup>®</sup> 은과 유전체 층들을 동시-이미지화함으로써 제조되었다. 이 어레이는 그 상부에 13  $\mu\text{m}$ 의 Fodel<sup>®</sup> 은을 가진 18  $\mu\text{m}$ 의 건조된 Fodel<sup>®</sup> DG201-형 유전체로부터 제조되었다. 이 어레이는 100 mJ의 UV 광으로 이미지화되고, 알칼라인 수용액내에서 1.5xTTC(표준 현상)에서 현상되었다. 이것은 그 다음에, 5-존(zone) 퍼니스내에서 575°C의 피크온도로 약 10분 동안 소성되었다.

이상 설명한 캐소드 어셈블리 어레이내의 전자 필드 이미터 재료 상의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정을 실시하기 위하여, 상기의 액체 접착제 층이 스크린 인쇄 또는 당해기술분야에 공지된 어떤 다른 코팅 기법에 의해 캐소드 어셈블리 상에 코팅된다. 접착성 재료는 건조 또는 경화되어 고체 코팅으로 된다. 압력 또는 열적 접착성 테이프가 고체 접착성 재료 상에 적층된다. 전자 필드 이미터 재료와 접착성 코팅과 접착성 테이프 사이의 상대적 접착이 적절히 균형을 이루는 경우에, 접착성 테이프의 박리가 캐소드 어셈블리로부터의 이 접착성 코팅의 제거 및 전자 필드 이미터의 향상된 에미션을 가져오게 된다.

#### 실시예 25

리브-지오메트리로 반전형 게이트 트리오드 어레이내의 후막 기반형 필드 에미션 트리오드 어레이의 구성에 있어서, 포토이미지화가능 은, 유전체, 및 나노튜브/은 이미터 페이스트의 이용은 수많은 이점을 준다. 이 설명된 트리오드 어레이의 설계는 다른 반전형 또는 언더-게이트 설계에서 정전기적 대전에 직면하게 되는 상당한 어려움을 극복한다. 이 제조 프로시저는 또한, 다양한 층들을 특질 정렬(feature alignment)들에 연계되는 어려움을 극복한다. 이러한 트리오드의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명의 공정의 이용은 본 실시예에서 설명하는 대로 성취될 수 있다.

반전형 게이트 트리오드는 물리적으로 게이트 전극과 애노드 사이에서 전자 필드 이미터 캐소드를 가진다. 이 캐소드 어셈블리는 기판의 표면 상에 증착된 제1 층으로서 게이트 전극 라인들로 이루어진다. 이 게이트 라인들에 직교하여

배향된 유전체 리브들의 층은 이 디바이스의 제2 층을 형성한다. 유전체 리브들은 캐소드 도체 전류 공급 라인들로 캡핑되어 있다. 캐소드 어셈블리의 상부 층을 형성하는 것은, 캐소드 도체들 상에 증착된 전자 필드 이미터 층이다.

이 전자 이미터 층은 디스플레이 설계에 의해 요구되는 대로, 연속 선들 또는 불연속 선분들(segment) 또는 점들로서 제조될 수도 있다. 이 디바이스에 있어서의 엄격한 크기(디멘전)는, 리브 폭, 유전체 두께, 및 전자 필드 이미터 층에 의한 유전체 리브의 에지-대-에지 캡핑(capping)을 포함한다. 캐소드 도체와 게이트 층들 사이에 전기적 접촉이 전혀 존재하지 않는다는 것이 중요하다.

다음의 공정은 포토이미지화가능 후막을 이용하여 리브-지오메트리로 반전형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리의 제조를 가져올 것이다. 이들의 단계에는 다양한 변경이 가능함은 당해기술분야의 전문가에게는 당연할 것이다. 포토이미지화가능 후막 패이스트를 이용하여 리브-지오메트리로 반전형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리를 제조하기 위한 공정은 다음의 단계를 포함한다.

(a) 포토이미지화가능 은 게이트 층을 기판에 인쇄하고, 은 게이트 층을 포토이미지화하고 현상한 후, 소성하여, 기판 상에 은 게이트 라인을 생성하는 단계 - 각각의 은 게이트 라인 폭은 전자 이미터의 폭 넘여까지 이를 제어하기 위해 뻗어 있고, 그 게이트 라인 폭이 전자 이미터들의 근처에서 기판의 많은 부분을 덮고 있음 -;

(b) 노출된 기판과 은 게이트 라인의 상부에 하나 이상의 균일한 포토이미지화가능 유전체 층을 인쇄하고, 유전체를 건조하는 단계;

(c) 유전체의 상부에 포토이미지화가능 은 캐소드 공급 층을 인쇄하고, 은 캐소드 공급 층을 건조하는 단계;

(d) 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층을 인쇄하고, 그 전자 필드 이미터 층을 건조하는 단계;

(e) 리브 패턴을 포함하는 포토마스크를 이용하여, 전자 필드 이미터, 캐소드 공급 및 유전체 층들을 단일의 노출에서 이미지화함으로써, 유전체 리브들의 상부에서 전자 필드 이미터들과 캐소드 공급 라인들의 완전한 정렬을 성취하는 단계; 및

(f) 전자 필드 이미터, 캐소드 공급, 및 유전체층들을 현상하여 리브-지오메트리를 생성하고, 전자 필드 이미터와 상응할 수 있는 조건하에서 전자 필드 이미터, 캐소드 공급, 및 유전체 층들을 동시소성(co-firing)하는 단계.

이 반전형 트리오드 어레이를 포함하는 캐소드 어셈블리는 그 다음에, 에미션을 향상시키기 위해 본 발명의 공정으로 처리된다.

전자 필드 이미터 점들 또는 선분들로 이루어진 트리오드 어셈블리를 위하여, 단계 (d)에서, 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층은 은 게이트 라인들 아래의 중심에 평행하고 등록되는 라인들로서 인쇄되어 있다. 대안으로서, 균일한 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층이 완성된 트리오드내의 에미트들의 라인을 얻기위해 인쇄될 수 있다. 만약 유전체 및 캐소드 층들을 이미터들에 대해 요구되는 것과는 다른 분위기에서 그리고 다른 온도에서 소성하기를 원한다면, 전자 필드 이미터 층은 또한 나중의 스테이지에서 증착될 수도 있다; 즉, 본 실시예에서, 캐소드 공급 캡핑형 유전체 리브들의 상부에 전자 필드 이미터를 형성하기 위해서, 다른 인쇄/건조/이미지화/현상/소성 절차가 필요하게 된다. 이 제2 이미지화 단계는 그 수행된 유전체 리브들과의 등록에 있어서 포토-마스크의 엄격한 정렬을 요구한다.

이상의 공정은 포토이미지화가능 후막을 이용하여, 어떠한 엄격한 정렬 단계가 없더라도, 전자 필드 이미터, 캐소드 공급, 유전체 복질들의 엄격한 등록이 어떻게 성취될 수 있는지를 보여준다. 가장 중요한 것은, 이 공정은 이미터들 주위의 노출된 유전체 표면을 최소화하는 동시에, 은 게이트와 전자 필드 이미터 층들 사이에서 단락 형성을 방지한다는 것이다. 그래서, 동작 중에 정전기적 대전의 가능성이 크게 감소된다. 또한, 전자 필드 이미터 층이 디바이스의 상부에 위치되기 때문에, 전자 필드 이미터 재료의 에미션을 향상시키기 위한 본 발명은 공정을 실시하기 위한 접착성 재료의 이용이, 이 반전형 게이트 트리오드 어레이에 직접적으로 가능하다.

## 청구항 1.

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션(emission)을 향상시키기 위한 공정에 있어서,

(a) 재료를 상기 전자 필드 이미터와 접촉시키는 단계 - 상기 재료는 상기 전자 필드 이미터와 접착성 접촉을 형성하고, 상기 접착성 접촉은 상기 재료가 상기 전자 필드 이미터로부터 분리되는 경우에 충분한 접착력을 제공하여 상기 전자 필드 이미터의 일부분이 제거되거나 재배열됨으로써 상기 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성함 -; 및

(b) 상기 재료를 상기 전자 필드 이미터로부터 분리하는 단계

를 포함하는 전자 필드 이미터의 필드 에미션 향상 공정.

**청구항 2.**

제1항에 있어서,

상기 재료가 상기 전자 필드 이미터로부터 분리되는 경우에, 상기 전자 필드 이미터의 일부분이 제거되는 공정.

**청구항 3.**

제2항에 있어서,

상기 침상 방출 물질은 탄소인 공정.

**청구항 4.**

제3항에 있어서,

상기 침상 탄소는 탄소 나노튜브(nanotube)로 이루어지는 공정.

**청구항 5.**

제4항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 단일 벽 탄소 나노튜브인 공정.

**청구항 6.**

제5항에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브는 레이저 박리로 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브인 공정.

**청구항 7.**

제3항에 있어서,

상기 침상 탄소는 적은 금속 입자에 대한 탄소 함유 가스의 촉매 분해로부터 성장된 탄소 파이버로 이루어지고, 상기 파이버의 각각은 파이버 속에 대해 어떤 각도로 배치된 그래펜 플레이트렛(graphene platelet)을 구비하여 상기 탄소 파이버의 둘레가 실질적으로 상기 그래펜 플레이트렛의 에지부로 이루어지는 공정.

**청구항 8.**

제5항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 전자 필드 이미터의 총중량의 약 9 wt% 보다 적은 공정.

**청구항 9.**

제5항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 전자 필드 이미터의 총중량의 약 5 wt% 보다 적은 공정.

**청구항 10.**

제5항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 전자 필드 이미터의 총중량의 약 1 wt% 보다 적은 공정.

**청구항 11.**

제5항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 전자 필드 이미터의 총중량의 약 0.1 wt% 내지 약 2 wt% 인 공정.

**청구항 12.**

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정에 있어서,

상기 전자 필드 이미터의 표면에 상기 전자 필드 이미터의 평면에 실질적으로 수직한 방향으로 힘을 인가하는 단계 - 상기 힘은 상기 상기 전자 필드 이미터를 프랙처하여함으로써 상기 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성함 - 를 포함하는 전자 필드 이미터의 필드 에미션 향상 공정.

#### 청구항 13.

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터의 에미션을 향상시키기 위한 공정에 있어서,

상기 전자 필드 이미터의 표면에 상기 전자 필드 이미터의 평면에 실질적으로 수직한 방향으로 힘을 인가하는 단계 - 상기 힘은 상기 상기 전자 필드 이미터의 일부분을 제거하게 됨으로써 상기 전자 필드 이미터의 새로운 표면을 형성함 - 를 포함하는 전자 필드 이미터의 필드 에미션 향상 공정.

#### 청구항 14.

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 침상 방출 물질은 탄소인 공정.

#### 청구항 15.

제14항에 있어서,

상기 침상 탄소는 탄소 나노튜브로 이루어지는 공정.

#### 청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 단일 벽 탄소 나노튜브인 공정.

#### 청구항 17.

제16항에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브는 레이저 펄스로 성장된 단일 벽 탄소 나노튜브인 공정.

#### 청구항 18.

탄소 나노튜브를 포함하는 고체를 함유하는 스크린 인쇄가능 페이스트(paste)로 이용되는 조성물로서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 페이스트내의 고체의 총중량의 9 wt% 보다 적은 조성물.

#### 청구항 19.

제18항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 페이스트내의 고체의 총중량의 약 5 wt% 보다 적은 공정.

#### 청구항 20.

제18항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 페이스트내의 고체의 총중량의 약 1 wt% 보다 적은 공정.

#### 청구항 21.

제18항에 있어서,

상기 탄소 나노튜브는 상기 페이스트내의 고체의 총중량의 약 0.01 wt% 내지 약 2 wt% 인 공정.

#### 청구항 22.

탄소 나노튜브, 은, 및 유리 프리트(frit)를 포함하는 고체를 함유하는 스크린 인쇄가능 페이스트로 이용되는 조성물에 있어서,

상기 페이스트내의 고체의 총중량을 기준으로 하여, 상기 나노튜브는 약 0.01 내지 6.0 wt% 이고, 상기 은은 미세한 은 입자의 형태로서 약 40 내지 75 wt% 이고, 상기 유리 프리트는 약 3 내지 15 wt%인 조성물.

**청구항 23.**

제18항 내지 제22항 중의 어느 한 항에 있어서,

탄소 나노튜브 서스펜션이 상기 조성물을 제조하는데에 이용되고,

상기 서스펜션은 유기 매질내에 탄소 나노튜브를 초음파 혼합하여 준비되는 조성물.

**청구항 24.**

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 침상 방출 물질의 에미션이 제1항, 제12항 또는 제13항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 25.**

침상 탄소 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 침상 탄소의 에미션이 제3항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 26.**

탄소 탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 탄소 나노튜브의 에미션이 제4항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 27.**

단일 벽 탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브의 에미션이 제4항, 제5항 또는 제8항 내지 제11 항 중의 어느 하나의 항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 28.**

적은 금속 입자에 대한 탄소 함유 가스의 촉매 분해로부터 성장된 탄소 파이버로 이루어지는 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 파이버 각각은 상기 파이버 축에 대해 각도를 가지고 배치된 그라펜 플레이트렛을 가져, 상기 탄소 파이버의 둘레가 상기 그라펜 평면의 에지부로 실질적으로 이루어지고,

상기 탄소 파이버의 에미션은 제7항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 29.**

침상 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터에 있어서,

상기 침상 탄소의 에미션이 제14항의 공정에 의해 향상되는 전자 필드 이미터.

**청구항 30.**

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 필드 에미션 트리오드(triode)에 있어서,

상기 침상 방출 물질의 에미션이 제1항, 제12항 또는 제13항의 공정에 의해 향상되는 필드 에미션 트리오드.

**청구항 31.**

침상 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 침상 방출 물질의 에미션이 제3항의 공정에 의해 향상되는 필드 에미션 트리오드.

**청구항 32.**

탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 탄소 나노튜브의 에미션이 제4항의 공정에 의해 향상되는 필드 에미션 트리오드.

**청구항 33.**

단일 벽 탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브의 에미션이 제5항 또는 제8항 내지 제11항 중의 어느 하나의 항의 공정에 의해 향상되는 필드 에미션 트리오드.

**청구항 34.**

침상 방출 물질로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 침상 방출 물질의 에미션이 제1항, 제12항 또는 제13항의 공정에 의해 향상되는 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드.

**청구항 35.**

침상 탄소로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 침상 탄소 물질의 에미션이 제3항의 공정에 의해 향상되는 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드.

**청구항 36.**

탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 탄소 나노튜브의 에미션이 제4항의 공정에 의해 향상되는 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드.

**청구항 37.**

단일 벽 탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브의 에미션이 제5항 또는 제8항 내지 제11항 중의 어느 하나의 항의 공정에 의해 향상되는 완전 스크린 인쇄된 필드 에미션 트리오드.

**청구항 38.**

탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 발광 디바이스(lighting device)에 있어서,

상기 탄소 나노튜브의 에미션이 제4항의 공정에 의해 향상되는 발광 디바이스.

**청구항 39.**

단일 벽 탄소 나노튜브로 이루어진 전자 필드 이미터를 가진 발광 디바이스에 있어서,

상기 단일 벽 탄소 나노튜브의 에미션이 제5항 또는 제8항 내지 제11항 중의 어느 하나의 항의 공정에 의해 향상되는 발광 디바이스.

**청구항 40.**

전자 필드 이미터 디바이스내에 에미션 핫 스팟(hot spot)을 감소시키기 위한 공정에 있어서,

상기 전자 필드 이미터는 침상 탄소로 이루어지고,

애노드 전압을 정상 동작 애노드 전압의 레벨보다 크게 유지하면서, 상기 전자 필드 이미터를 반응성 가스에 노출시키는 단계를 포함하는 에미션 핫 스팟 감소 공정.

**청구항 41.**

제40항에 있어서,

상기 반응성 가스는 산소인 공정.

**청구항 42.**

제41항에 있어서,

상기 침상 탄소는 탄소 나노튜브로 이루어지는 공정.

#### 청구항 43.

제42항에 있어서,

상기 전자 필드 이미터의 에미션은 상기 에미션 핫 스폿을 제거하기 위한 공 정으로 처리하기 전에 제4항의 공정에 의해 향상되는 공정.

#### 청구항 44.

포토이미지화가능 후막 페이스트를 이용하여 정상형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리를 제조하기 위한 공정에 있어서,

(a) 포토이미지화가능 은 캐소드 층을 기판에 인쇄하고, 상기 은 캐소드 층을 포토이미지화하고 현상한 후, 소성하여, 상기 기판상에 은 캐소드 공급 라인을 생성하는 단계;

(b) 상기 노출된 기판과 상기 은 캐소드 공급 라인의 상부에 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층을 인쇄하고, 상기 전자 필드 이미터 층을 점, 직사각형, 선으로 상기 은 캐소드 공급 라인상에 포토이미지화하고 현상하는 단계;

(c) 상기 전자 필드 이미터와 상기 은 캐소드 공급 라인의 상부에 하나 이상의 균일한 포토이미지화가능 유전체 층을 인쇄하고, 상기 유전체를 건조하는 단계;

(d) 상기 유전체의 상부에 포토이미지화가능 은 게이트 라인의 층을 인쇄하고, 상기 은 게이트 라인의 상기 층을 건조하는 단계;

(e) 비아 또는 슬롯 패턴을 포함하는 포토마스크를 이용하여, 상기 은 게이트와 상기 유전체 층들을 단일의 노출에서 이미지화함으로써, 상기 비아들을 상기 전자 필드 이미터 점, 직사각형 또는 선의 상부에 직접 위치시키는 단계; 및

(f) 상기 은 게이트 층과 유전체 층을 현상하여 상기 비아들의 기저부에서 상기 전자 필드 이미터를 드러나게 하고, 상기 전자 필드 이미터와 상용할 수 있는 조건하에서 상기 전자 필드 이미터 층, 유전체 층, 및 은 게이트 층을 동시소성(co-firing)하는 단계를 포함하는 캐소드 어셈블리 제조 공정.

#### 청구항 45.

제44항에 있어서,

상기 전자 필드 이미터는 침상 탄소로 이루어지는 공정.

#### 청구항 46.

제45항에 있어서,

상기 침상 탄소는 탄소 나노튜브로 이루어지는 공정.

#### 청구항 47.

제46항의 공정에 의해 제조된 정상형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리.

#### 청구항 48.

제47항에 있어서,

상기 전자 필드 이미터의 에미션은 제4항의 공정에 의해 향상되는 캐소드 어셈블리.

#### 청구항 49.

포토이미지화가능 후막 페이스트를 이용하여 리브-지오메트리(rib-geometry)로 반전형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리를 제조하기 위한 공정에 있어서,

(a) 포토이미지화가능 은 게이트 층을 기판 상에 인쇄하고, 상기 은 게이트 층을 포토이미지화하고 현상한 후, 소성하여, 기판상에 은 게이트 라인을 생성하는 단계 - 각각의 은 게이트 라인 폭은 상기 전자 필드 이미터의 폭을 넘어서지 확장 되도록 제어하고, 상기 게이트 라인 폭은 상기 전자 필드 이미터의 근처의 기판의 많은부분을 덮고 있음 -;



- (b) 상기 노출된 기판과 상기 온 게이트 라인의 상부에 하나 이상의 균일한 포토이미지화가능 유전체 층을 인쇄하고, 상기 유전체를 건조하는 단계;
- (c) 상기 유전체의 상부에 포토이미지화가능 온 캐소드 공급 층을 인쇄하고, 상기 온 캐소드 공급 층을 건조하는 단계;
- (d) 상기 포토이미지화가능 전자 필드 이미터 층을 인쇄하고, 상기 전자 필드 이미터 층을 건조하는 단계;
- (e) 리브 패턴을 포함하는 포토마스크를 이용하여, 상기 전자 필드 이미터 층, 상기 캐소드 공급 층 및 유전체 층을 단일의 노출에서 이미지화함으로써, 상기 유전체 리브의 상부에 대한 상기 전자 필드 이미터와 상기 캐소드 공급 라인의 완전한 정렬을 얻는 단계; 및
- (f) 상기 전자 필드 이미터 층, 캐소드 공급 층 및 유전체 층을 현상하여, 리브-지오메트리를 생성하고, 상기 전자 필드 이미터와 상응할 수 있는 조건하에서 상기 전자 필드 이미터 층, 캐소드 공급 층 및 유전체 층을 동시소성하는 단계를 포함하는 캐소드 어셈블리 제조 공정.

**청구항 50.**

제49항에 있어서,

상기 전자 필드 이미터는 침상 탄소로 이루어지는 공정.

**청구항 51.**

제50항에 있어서,

상기 침상 탄소는 탄소 나노튜브로 이루어지는 공정.

**청구항 52.**

제49항의 공정에 의해 제조된 반전형 게이트 트리오드 어레이를 가진 캐소드 어셈블리.

**청구항 53.**

제52항에 있어서,

상기 전자 필드 이미터의 에미션은 제4항의 공정에 의해 향상되는 캐소드 어셈블리.























